P. b. b.

Preis S 3,—

DER Pflanzenarzt

ZEITSCHRIFT FÜR PFLANZENSCHUTZ UND SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNG

Herausgegeben von der Bundesanstalt für Pflanzenschutz in Wien

Redaktion: Bundesanstalt für Pflanzenschutz, Chefredakteur Priv.-Doz. Dr. Dipl.-Ing. Ferdinand Beran, Wien II, Trunnerstraße 5, Tel. 55 36 47. *Verlag:* Scholle-Verlag, Buchhandlungs-Ges. m. b. H., Wien I, Stubenring 6, Tel. 52 21 97. Postspark.-Kto. 116.348. *Bezugspreis* ganzjährig, einschl. Postversand: Österreich S 12,—, Ausland S 20,—. *Nachdruck* nur nach Genehm. durch den Herausgeber.

11. JAHRGANG | 3. SONDERNUMMER | NOVEMBER 1958

Frost und Hagel – gefürchtete Schadensursachen!

Die Pflanzenschutzwissenschaft hat der Landwirtschaft Mittel und Methoden zur Verfügung gestellt, die es ermöglichen, heute die meisten parasitären Schadensursachen, die in Gestalt tierischer Schädlinge, pilzlicher oder bakterieller Krankheitserreger unsere Kulturpflanzen bedrohen, in sehr wirksamer Weise zu bekämpfen. Und auch die nichtparasitären Erkrankungen, man denke an die Mangelkrankheiten, haben ihren Schrecken verloren und außer den Virosen und einigen physiologischen Störungen mag es nur mehr sehr wenige gefährliche Krankheiten geben, gegen die derzeit noch „kein Kraut gewachsen ist". Trotz all dieser Erkenntnisse und Fortschritte, die Pflanzenschutz, Pflanzenzüchtung und Pflanzenbau erzielt haben, bleiben Angst und Sorge um unsere Kulturen bestehen, wenn die Tücken und Unbilden der Witterung unsere Pflanzen gefährden und unsere Ernten bedrohen. Unter den pflanzenschädigenden Witterungseinflüssen sind es, abgesehen von den meist selteneren Dürreperioden, in erster Linie *Frost und Hagel,* die zu den gefürchtetsten Schadensursachen im Obst-, Wein-, Feld- und Gartenbau zählen. Gerade der Frost und insbesondere der Spätfrost kann in weiten Landstrichen totalen Ernteverlust bewirken und so die Arbeit, Mühe und Hoffnung eines ganzen Jahres in einer einzigen Nacht zunichte machen.

Frost und Hagel, was ist diesen beiden Schadensursachen eigentlich gemeinsam? Wenn man den Mechanismus der Schadenswirkung auf die Pflanzen betrachtet, so fehlt zweifellos jegliche Gemeinsamkeit. Nur der Umstand, daß die Hagelkörner tiefen, unter dem Gefrierpunkt liegenden Temperaturen ihre Entstehung verdanken, zeugt von innerer Verwandtschaft. So kann der Frost noch auf indirekte Weise, selbst wenn alle Spätfrostgefahr längst vorüber ist, in hochsommerlichen Gewittern durch Hagelschlag erneut unsere Kulturen gefährden und unter Umständen restlos vernichten. Die Werte, die alljährlich durch Frost und Hagel vernichtet werden, gehen in die Millionen Schilling. Aufgabe des Pflanzenschutzes ist es darum, die landwirtschaftlichen Kulturen nicht nur vor pilzlichen und tierischen Schädlingen zu schützen, sondern in Zusammenarbeit mit den zuständigen meteorologischen Stellen auch vor den immer wieder zu erwartenden und auftretenden Frost- und Hagelschäden zu bewahren, zumindest soweit es eben die gegebenen Möglichkeiten gestatten. *Frostschutz und Hagelschutz sind daher Pflanzenschutz,* und jedem pflanzenschutzbetreibenden Gärtner, Winzer, Feld- und Obstbauer sollten daher die grundlegendsten Begriffe über Frost und Hagel, deren Wirkung und Abwehr, vertraut sein.

Dr. W. Zislavsky

INHALT DIESER NUMMER

Grundlagen der Frostresistenz und des Frostschutzes
Neuzeitliche Versuche der Hagelabwehr in Österreich
Bericht zur Hagelabwehr 1957
Versuche zur Hagelbekämpfung mit Silberjodid-Bodengeneratoren im Kanton Tessin (Schweiz) im Jahre 1957

Grundlagen der Frostresistenz und des Frostschutzes

VON DR. WALTER ZISLAVSKY
Bundesanstalt für Pflanzenschutz, Wien

1) Warum und wie schädigen Frost und Kälte die Pflanzen? (Grundlagen der Frostresistenz)

Wir alle wissen, daß Wasser, wenn es Temperaturen unter 0 Grad C ausgesetzt wird, in feste Form übergeht, d. h. gefriert. Mit der Änderung des Aggregatzustandes ändern sich auch die Eigenschaften des Wassers. Eis ist leichter und besitzt darum ein größeres Volumen (1,09mal so groß) als die gleiche Gewichtsmenge Wasser. Es mag daher nicht unverständlich erscheinen, daß unsere Pflanzen, die ja einen hohen Prozentsatz an Wasser enthalten, beim Gefrieren erheblichen Veränderungen unterworfen sind, die in vielen Fällen zum Tode führen. Wenn wir diese Wirkung tiefer Temperaturen auf die Pflanzen und die Reaktionen derselben näher verstehen wollen, müssen wir zunächst auch dem Feinbau der Pflanzen einige Zeilen widmen. Freilich können im Rahmen dieser Abhandlung nur die wichtigsten Grundbegriffe der Pflanzenanatomie angeführt werden, soweit sie für das Verständnis notwendig sind.

Zu den wichtigsten Grundbegriffen über den Feinbau der Pflanzen zählt die bereits im Jahre 1667 gewonnene Erkenntnis, daß die Gewebe aller unserer Pflanzen aus *Zellen* bestehen. Die Größe dieser Zellen ist allerdings von Art zu Art verschieden; ja selbst verschiedene Gewebsteile einer Pflanze (wie etwa Hautgewebe, Leitungsgewebe etc.) unterscheiden sich oft erheblich in der Größe der Zellen. Durchschnittlich können wir bei den meisten Pflanzengeweben mit einem Zellendurchmesser von 0,1 bis 0,01 mm rechnen. Millionen und Milliarden solcher Zellen sind am Aufbau einer Pflanze beteiligt.

Die Wände dieser Zellen, die gleich Bienenwaben, aber nach allen Richtungen des Raumes aneinandergrenzen, bestehen vornehmlich aus Zellulose, Hemizellulosen und Pek-

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
18 NOV 1958

tinen; sie sind für Wasser, Salze und organische Stoffe relativ gut durchlässig. Die Zellen schließen in vielen Fällen, vor allem in den inneren Blattgeweben keineswegs lückenlos aneinander, sondern zwischen ihnen sind Lücken und Hohlräume, die sogenannten *Interzellularen* (Zellzwischenräume), durch die die Pflanze in Verbindung mit der Außenluft ihren Gasstoffwechsel vollzieht (Assimilation, Atmung).

Wie sieht es nun im Inneren dieser Zellen aus? Die Innenseite der Zelle bzw. die Zellwand ist vollständig mit einer aus verschiedenen Schichten aufgebauten eiweißartigen Substanz von schleimig-zähflüssiger Konsistenz ausgekleidet. Diese Substanz heißt *Protoplasma* und ist der eigentliche Träger des Lebens der Zelle. Das Protoplasma (auch Plasma) ist eine ungemein komplizierte Substanz. Eiweißmoleküle, Aminosäuren, Fette, Lezithine, zahlreiche andere Stoffe und *Wasser* sind zu einer lebendigen Ganzheit verbunden, deren Zerstörung den Tod zur Folge hat. Im Protoplasma stets eingelagert befinden sich der Zellkern — das Gehirn der Zelle — sowie je nach Gewebsart in wechselnder Menge Blattgrünkörner, Stärkekörner, Farbstoffe u. a. Wichtig für unsere Betrachtungen über den Mechanismus der Kälteschädigung ist, daß das Protoplasma wohl leicht durchlässig für Wasser, hingegen schwer durchlässig bis undurchlässig für Salze und zuckerartige Substanzen ist. Dieses Verhalten nennt man Semipermeabilität (Halbdurchlässigkeit). Im Innersten der Zelle, allseitig vom Protoplasma umschlossen und häufig auch von Plasmasträngen durchzogen, befindet sich der sogenannte *Zellsaft*, eine an Salzen, Säuren und zuckerartigen Substanzen angereicherte Flüssigkeit. Der Zellsaft ist gleichsam das Flüssigkeitsreservoir der Zelle und spielt im Zusammenhang mit der Semipermeabilität (Halbdurchlässigkeit) des Plasmas eine wichtige Rolle für die Turgeszenz (frischer, straffer Zustand der Pflanzen im Gegensatz zum schlaffen, welkenden) der Pflanze.

Was geschieht nun, wenn wir eine Pflanze Temperaturen unter dem Gefrierpunkt aussetzen? Zunächst werden wir erwarten, daß das Wasser, das die Pflanze in ihrem Zellsaft ja so reichlich enthält, durch die niedere Temperatur gezwungen ist, auszufrieren. Dies ist auch tatsächlich der Fall, nur tritt infolge des Gehaltes des Zellsaftes an löslichen Substanzen das Gefrieren nicht bereits bei 0 Grad C, sondern erst bei tieferer Temperatur ein. So beginnt eine 0,5-molare (= ca. 8prozentige) Traubenzuckerlösung erst bei —0,93 Grad C, eine 1 molare (= ca. 16prozentige) hingegen erst bei — 1,86 Grad C zu frieren, und je nach seiner Konzentration zeigt auch der Zellsaft eine mehr oder weniger starke *Gefrierpunktserniedrigung.*

Wir können nun zwei Arten des Gefrierens unterscheiden. Je nachdem, ob das Eis *in* der Zelle oder *außerhalb* der Zelle

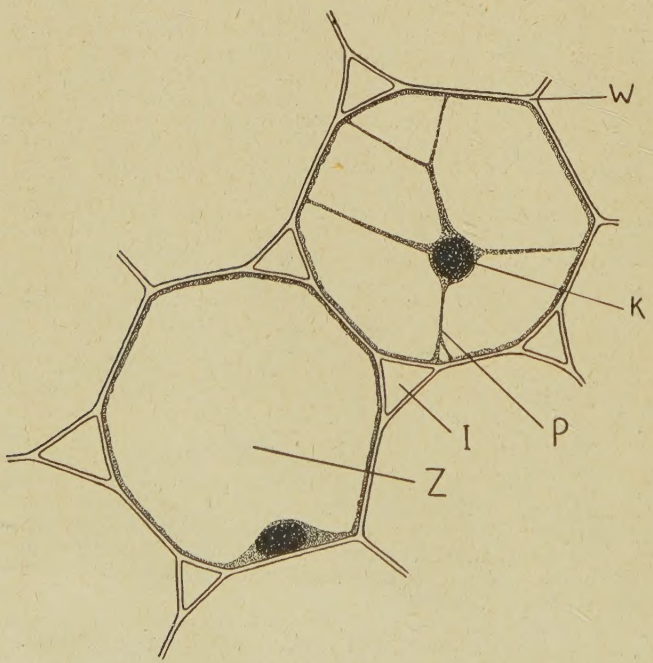


Abb. 1: Pflanzenzellen. W = Zellwand, P = Protoplasma, I = Interzellularen (Zellzwischenräume), Z = Zellsaftraum (Vakuole), K = Zellkern; die Zellkerne sind meist erst nach Fixierung oder Färbung gut sichtbar

in den Interzellularen gebildet wird, sprechen wir von *intrazellularer* oder von *interzellularer* (auch extrazellularer) Eisbildung. Beide Möglichkeiten werden beobachtet. Zur Eisbildung *innerhalb der Zelle* kommt es meist bei *rascher, plötzlicher* Abkühlung der Pflanze. Die Eiskristalle beginnen in diesem Falle in der Vakuole (= Zellsaftraum) zu wachsen und erfüllen schließlich die ganze Zelle mit Eis, das das Protoplasma in der Regel durch mechanischen Druck letal schädigt. Diese Eisbildung innerhalb der Zelle ist für die Pflanze bei weitem die gefährlichste Art der Schädigung. Die Schäden gehen in diesem Fall meist tödlich aus.

Bei weitem häufiger und gleichsam der Normalfall ist die Eisbildung *zwischen den Zellen* in den Interzellularen. Die Tatsache, daß die Eisbildung bevorzugt in den Zellzwischenräumen beginnt und auch fortgesetzt wird, anstatt in der Zelle, mag zunächst verwunderlich erscheinen. Sie läßt sich, allerdings unter Voraussetzung einiger physikalischer Kenntnisse, nicht unschwer erklären. In den Zellzwischenräumen ist stets Wasserdampf vorhanden. Dieser friert bereits bei 0 Grad C. Sinkt nun die Temperatur weiter bis zur Gefrierpunktstemperatur des Zellsaftes und verzögert sich die Eisbildung des Zellsaftes, die ja nun beginnen sollte, durch die *fast immer auftretende Unterkühlung,* dann besitzt die Zellsaftlösung einen *höheren Dampfdruck* als das Eis in den Interzellularen. Infolge dieses Druckgefälles muß das Wasser aus der Vakuole durch das (wasser- aber nicht salzdurchlässige) Protoplasma durch die Zellwand in die Zellzwischenräume wandern, wo es gefriert. Durch die Diffusion des Wassers in die Zellzwischenräume wird die Zellsaftlösung konzentrierter; infolgedessen sinkt auch ihr Gefrierpunkt immer tiefer, so daß vor Erreichen des absoluten Erstarrungspunktes ein Gefrieren des Zellsaftes nicht eintritt. Die Wirkung der interzellularen Eisbildung besteht also in einem *Wasserentzug* der Zelle, ähnlich wie beim Vertrocknen einer Pflanze. Die Schäden, die die Pflanze in ihrem Feinbau erleidet, sind darum auch recht ähnlich. Durch den Wasserentzug kommt es zu Zugspannungen im Plasma, das an der Zellwand haftet und dem sich plötzlich verkleinernden Zellsaftraum nicht folgen kann. Diese Spannungen verursachen *Zerreißungen* des Protoplasmas, die den Tod der Zelle bewirken. Bei Einlegen von Pflanzenteilen in konzentrierte Salz- oder Zuckerlösungen, in denen es stets zur *Abhebung des Protoplasmas von der Zellwand kommt* (Plasmolyse), können hingegen bei langsamem Abkühlen und Auftauen Temperaturen bis zu — 80 Grad C ertragen werden (Versuch mit Rotkohl), obwohl der normale Todespunkt etwa bei — 6 Grad C gelegen sein kann.

Nicht nur das Gefrieren, sondern auch das Auftauen birgt Gefahren. Vor allem bei raschem Auftauen kann sich die Zellwand rascher strecken, als Plasma und Vakuole folgen können, so daß es wiederum durch mechanische Beschädigung zum Tod des Protoplasmas kommt.

Wie kommt es nun, daß viele der Vertreter unserer Pflanzenwelt recht unterschiedlich auf Kälte reagieren? So werden viele Pflanzen bereits durch leichten Frost geschädigt (z. B. Kartoffelkraut und Kartoffelknollen, Tomaten, Gurken, Obst, Wein, viele meist einjährige Pflanzen u. a. m.). Andere Pflanzen hingegen vertragen relativ tiefe Temperaturen. Winterweizen beginnt erfahrungsgemäß erst bei — 16 Grad C und länger fehlender Schneedecke auszuwintern. Unsere Obstbäume vertragen im winterlichen Ruhezustand je nach Art und Sorte sogar Temperaturen bis unter — 30 Grad C und die immergrünen Nadelbäume in den weiten Gebieten Sibiriens widerstehen sogar arktischen Temperaturen. Viele Sporen, Bakterien und trockene Samen sind durch die Kälte praktisch nicht umzubringen. Sie ertragen Temperaturen bis unter — 100 Grad C, ja vielfach sogar die Temperatur der flüssigen Luft (— 193 Grad C).

Plasmareiche Zellen (mit kleinen Zellsafträumen) besitzen meist größere Frostresistenz als plasmaarme mit großen Vakuolen. Darum sind vielfach, infolge ihres Plasmareichtums, *jüngere Blätter oder Pflanzenorgane* resistenter als alte, ebenso sind *wasserarme Gewebe* geschützter als wasserreiche. Zellen mit *hoher Zellsaftkonzentration* (hohem osmotischem Wert) vermögen Frost eher zu ertragen als Zellen mit niederer Zellsaftkonzentration. *Kleine Zellen* gefrieren infolge stärkerer Unterkühlung weniger leicht als große. So gibt es noch eine Menge anderer Faktoren, die in ihrer Gesamtheit die Kälteresistenz einer Pflanze wesentlich beeinflussen. Der Sitz der Kälteresistenz ist aber letzten Endes im lebenden Bestandteil der Zelle, im *Protoplasma*

selbst zu suchen. Nähere Erörterungen über die Natur der plasmatischen Resistenz würden allerdings zu weit führen, zumal die Wissenschaft selbst noch keine restlos befriedigende Erklärung dafür gefunden hat.

Es ist aber in diesem Zusammenhang interessant zu bemerken, daß es möglich ist, diese resistenzbestimmenden Eigenschaften des Protoplasmas entscheidend zu verändern. So nimmt bei Narkotisierung einer pflanzlichen Zelle bzw. einer Pflanze mit Äther, Chloroform oder ähnlichen Verbindungen, die Widerstandsfähigkeit des Plasmas gegen Kälte stark ab. Ganz allgemein ist festzustellen, daß frosthartes Plasma häufig von zähflüssigerer Konsistenz ist als frostempfindliches (allerdings nur bei derselben Pflanze). Dieser einschränkende Nachsatz ist wichtig, denn Plasmen verschiedener Pflanzen sind nicht vergleichbar, anderseits sagt er aus, daß dieselbe Pflanze unter verschiedenen Bedingungen auch verschiedene Frostresistenz besitzen kann. So sind Pflanzen, die einige Zeit wärmeren Temperaturen ausgesetzt, wieder winterliche Verhältnisse ertragen mußten, weniger widerstandsfähig als Pflanzen, die kühlen, aber nicht schädigenden Temperaturen ausgesetzt waren. Diese Steigerung der Kälteresistenz durch längeren Aufenthalt der Pflanzen bei Temperaturen um den Gefrierpunkt nennen wir *Abhärtung*. Der gegenteilige Fall der *Verweichlichung* ist sicher ebenfalls nicht unbekannt. So ist bei Obstbäumen, insbesondere bei frühtreibenden Arten und Sorten (Pfirsich), aber auch bei anderen überwinternden Kulturpflanzen die Gefahr einer Schädigung groß, wenn auf einen extrem milden Januar ein sehr kalter Februar folgt. Als Beispiel für die natürliche Frosthärteschwankung mag eine Untersuchung *Kesslers* an der Hauswurzart Sempervivum glaucum angeführt werden: Während der Todespunkt dieser Pflanze im Sommer bei — 3 Grad C gelegen war, konnten im Winter bis zu — 25 Grad C ertragen werden. Solch große Resistenzbereiche sind durchaus keine Seltenheit. Häufig geht mit der Abhärtung einer Pflanze auch eine Steigerung der Zellsaftkonzentration (osmotischer Wert) parallel, und die meisten unserer frostharten wintergrünen Gewächse haben darum im Winter einen Großteil ihrer Stärkevorräte zu wasserlöslichen Zuckern umgewandelt.

Im engen Zusammenhang mit der Kälteresistenz der Pflanze steht auch deren *innere Entwicklungsbereitschaft*. Mit der Knospenentfaltung und der Bildung neuer Organe und Gewebe bei Beendigung einer Ruheperiode sinkt die Kälteresistenz oft sprunghaft. Gipst man sich entwickelnde Knospen ein und hindert sie infolgedessen an der Entfaltung, so kann beobachtet werden, daß durch diese Hemmung des Treibens auch ein Absinken der Kälteresistenz verhindert wird.

Wenn bisher nur von der Schädigung der Pflanzen durch Temperaturen unter dem Gefrierpunkt gesprochen wurde, so darf doch auch der zahlreichen Pflanzen, die bereits kühle Temperaturen *über 0 Grad C* nicht vertragen, nicht vergessen werden! Um einige Beispiele zu nennen, so sind Gurke, Melone, Tomate, Basilikenkraut, Balsamine, Portulakröschen und Primula sinensis Temperaturen von + 1 bis + 2 Grad C gegenüber bereits ziemlich empfindlich. Sehr empfindlich sind einige Rotalgenarten aus dem Golf von Neapel. Ein 10minutiger Aufenthalt in Seewasser von + 2 bis + 3 Grad C wurde von ihnen bereits nicht mehr vertragen. Da es sich bei dieser Art der Kälteschädigung zweifellos um *physiologische Störungen* des Stoffwechsels (häufig verminderte Fähigkeit der Wasseraufnahme) handelt, ist eine Abgrenzung eines schädigenden Temperaturbereiches eigentlich schwer möglich, da bei physiologischen Vorgängen die Zeitdauer der Einwirkung eine große Rolle spielt. Es ist anzunehmen, daß auch die frostharten Gewächse (vor allem bei lang andauernder Kälteeinwirkung) durch physiologische Störungen in ihrer Kältefestigkeit beeinflußt werden.

Bevor wir nun das vielleicht etwas trockene Kapitel der Resistenzgrundlagen verlassen, seien einige Zeilen auch dem Erscheinungsbild der Frostschäden gewidmet. Die gefrorene Pflanze zeichnet sich zunächst durch etwas dunklere Färbung aus. Besonders beim Auftauen tritt dies deutlich hervor. Sie kann schwinden, wenn sich die Pflanze wieder erholt, oder durch schwärzlichgrüne Intensivierung und nachfolgendes Vertrocknen den Tod oder die Schädigung der Pflanze offenbar werden lassen. Recht häufig kommt es vor, daß Blätter von der Blattspitze her beginnend geschädigt werden (z. B. Winterweizen, Sonnenblume, Rhododendron-Arten), aber auch gegenteilige Fälle einer an der Blattbasis beginnenden Kälteschädigung sind uns bekannt (z. B. Holunder).

Nicht immer äußern sich die Schädigungen in einem Absterben von Geweben. So sind als Folge einer leichten Frosteinwirkung *Abhebungen der Epidermis (Frostblasen)* vom darunterliegenden Blattgewebe durchaus nicht selten. Sie kommen durch Eisbildung zwischen den beiden Gewebsschichten zustande, aber auch durch frostbedingte Gewebsspannungen. Verstreute, infolge Luftgehaltes helle Flecken, sind ein derartiges Schadensbild bei Marillenblättern; Apfel- und Erdbeerblätter wieder zeigen infolge Gewebsspannungen häufig Kräuselungen und Krümmungen mit großen Hohlräumen. Auch zwischen Holz und Rinde eines Baumes können derartige Gewebsabhebungen entstehen.

2) Der Spätfrost

Als Spätfrost bezeichnen wir, wie allgemein bekannt, Kälterückfälle, die vorwiegend in den Monaten April und Mai auftreten, also zu einem Zeitpunkt, da die Vegetationsentwicklung bereits weit fortgeschritten ist. Da mit zunehmendem Entwicklungszustand der Pflanzen deren Kältefestigkeit rapid abnimmt, sind derartige Kälteeinbrüche im Frühjahr weitaus gefürchteter als strenge Winterkälte. Der Schaden, den diese Fröste, die nicht selten in jährlicher Wiederholung auftreten, verursachen, hat manchen Obst- und Weinbauern schon nahe dem Ruin gebracht.

2,1) Die Entstehung der Spätfröste

Eine grundlegende Bedingung für das Auftreten von Frösten in den Übergangsjahreszeiten ist stets die vorherige Zufuhr genügend kalter Luftmassen aus nördlichen Breiten. Kommen solche Luftmassen bereits mit Frosttemperaturen in unserem Raum an, so sprechen wir von *Advektiv- oder Windfrösten*. Diese Windfröste können bereits schon zu Tagesstunden unter lebhaften Winden Frosttemperaturen bescheren. Glücklicherweise sind sie selten, denn ihre wirksame Bekämpfung ist nur in günstigen Einzelfällen möglich.

Im Gefolge dieser Kaltlufteinbrüche, auch wenn sie selbst unmittelbar nicht so kalt sind, um Frostschäden zu verursachen, treten dagegen häufig die gefürchteten *Nacht- oder Strahlungsfröste* auf. Ihre Entstehung verdanken sie einer sich absetzenden Kaltluftmasse (Zwischenhoch) mit schwachen Winden und stark auflockernder Bewölkung, so daß durch Wärmeabstrahlung der Erdoberfläche eine Abkühlung der bodennahen Luftschichte bis oft beträchtlich unter den Gefrierpunkt eintreten kann.

Nächtliche Ausstrahlung und Strahlungsfrost sind zwar häufig gebrauchte Begriffe; ein paar Worte erscheinen jedoch zur besseren Vorstellung vonnöten. Daß ein heißer Ofen, eine Heizsonne oder ein Gasstrahler Wärme abstrahlen, können wir unmittelbar fühlen. Genauso aber, nur seiner Temperatur gemäß entsprechend schwächer strahlt jeder gewöhnliche Körper und so auch unser Erdboden Wärme ab. Bei völlig wolkenlosem Himmel, mit Temperaturen um den Gefrierpunkt und etwa 50prozentiger relativer Luftfeuchtigkeit verliert der Erdboden in der Stunde ca. 90 Kilokalorien pro Quadratmeter. Mit dieser Wärmemenge könnte man 1 Liter Wasser von 10 auf 100 Grad C erwärmen. Je trüber die Atmosphäre ist, je mehr Wasserdampf sie also enthält, desto weniger Wärme vermag der Erdboden abzugeben, da eine wasserdampfhaltige Atmosphäre einen großen Teil der abgestrahlten Wärme wieder zurückstrahlt. Wolken oder Nebeldecken schützen den Erdboden daher vor Wärmeverlusten. Von großem Einfluß auf die Strahlungsbilanz der Erdoberfläche ist auch die Beschaffenheit des Erdbodens selbst. So begünstigt *frisch gepflügter oder bearbeiteter Boden*, ebenso aber auch Pflanzenaufwuchs, wegen zahlreicher, die Wärme schlecht leitender Hohlräume (verhinderter Wärmenachschub vom Erdinneren) die Frostbildung. Die frostverschärfende Wirkung von Pflanzenaufwuchs mögen folgende Messungen von *Duhan (1954)* in einer Frostnacht zeigen:

Minimumtemperaturen 75 cm über dem Boden, Plantage Enzinger, Langenzersdorf

Bearbeiteter, oberflächlich abgetrockneter Boden, ohne jeglichen Pflanzenbestand: — 1,7° C

Geschlossene Spindelbuschanlage mit bearbeitetem, oberflächlich abgetrocknetem Boden und schwacher Verunkrautung der Baumscheiben: — 2,8° C

Sommergerstenfeld mit zirka spannhohen Blättern: — 3,6° C

Winterroggenfeld, dichter 60—70 cm hoher Bestand: — 4,7° C

Kalte Luft ist schwerer als warme Luft, daher ist sie bestrebt, sich in Tälern, Mulden und tiefen Lagen gleich einem See anzusammeln. Derartige Frostlagen sind selbstverständlich bei wertvollen Kulturen nach Möglichkeit zu meiden oder es muß durch großzügige *Geländegestaltung* dem sich bildenden Kaltluftsee eine Abflußmöglichkeit geschaffen werden. Größere Buschgruppen, Hecken und Waldstreifen können die Kaltluft in ihrem Abfluß bereits erheblich behindern.

2,2) Wirkungen des Spätfrostes

Die größte Bedeutung besitzt der Frühjahrsfrost zweifellos für unsere Obst- und Weinbaugebiete. Letztere sind dank ihrer meist hängigen Lage wesentlich besser daran als die Obstbaugebiete, die oft in Talmulden oder von Waldstreifen eingeschlossen, anzutreffen sind. Besonders gefährlich für diese Kulturen ist auch der Umstand, daß der Frost sehr oft die Bäume zur Zeit der Blüte überrascht, denn junge Früchte und Blüten sind außerordentlich kälteempfindlich. Es bestehen Unterschiede der Kältefestigkeit bei Knospen, Blüten und jungen Früchten. Folgende Tabelle 1 soll einen Überblick der kritischen Temperaturen während der Obstblüte vermitteln.

Tabelle 1: Temperaturen, welche ertragen werden, wenn die verschiedenen Stadien 30 Minuten den betreffenden Temperaturen ausgesetzt werden. (Aus *Kobel:* Lehrbuch des Obstbaues, nach Untersuchungen von Young 1947)

Obstart	geschl., die Blütenbl. zeigende Knospen	Vollblüte	Junge Früchte
	Grad C	Grad C	Grad C
Apfel	—4	—2,3	—1,7
Birne	—4	—2,3	—1
Kirsche	—2,3	—2,3	—1
Pflaume	—4	—2,3	—1
Zwetschke	—5	—2,7	—1
Aprikose	—4	—2,3	—0,7
Pfirsich	—4	—2,7	—1
Walnuß	—1	—1	—1

Freilich vermitteln diese Zahlen nur einen allgemeinen Überblick und je nach den gegebenen Verhältnissen kann die kritische Temperatur um 1 bis 2 Grad verschieden sein. Ergänzend wäre noch der Resistenzbereich des Weines mit etwa —2 bis —4 Grad C (Triebe) hinzuzufügen. Es ist interessant, daß auch zwischen einzelnen *Sorten* Unterschiede in der Kälteresistenz bestehen. Die darüber vorliegenden Untersuchungen sind zwar recht uneinheitlich, gewisse Sorten zeichnen sich aber immerhin deutlich ab. *Winkelmann* (1939) nennt für Württemberg folgende Kernobstsorten, die stärkere Blütenschäden zeigten: Berlepsch, Blenheim, Boskoop, Danziger Kant, Gravensteiner, Joseph Musch, Kaiser Wilhelm, Schwaikheimer, Welschisner, Alexander Lucas. Weniger geschädigt waren: Champagner Renette, Goldparmäne, Gewürzluiken, Lanes Prince Albert, Öhringer Blutstreifling, Zuccalmaglio, Gellerts Butterbirne, Gräfin von Paris, Kongreßbirne, Williams Christ. *Babaleanus* (1938) bestimmte bei einer Auswertung von Blütenfrostschäden die Schädigung derselben bei Boskoop zu 88 Prozent, Ananas Renette 63,1 Prozent, Baumanns 56,3 Prozent, Cox 33,9 Prozent, Croncels 28,5 Prozent, Klarapfel 20,6 Prozent, Ontario 5,8 Prozent und bei Goldparmäne schließlich zu 1,6 Prozent.

Nicht zu unterschätzen ist auch der Einfluß der Stammform. So können Hochstammanlagen mit den oberen Kronenteilen bereits aus der Gefahrenzone herausragen, während tiefer liegende Äste noch schwer gefährdet sind.

Die Schadwirkung des Frostes auf die Blüten betrifft als empfindlichste Teile derselben zuerst den *Fruchtknoten* mit Griffel und Narbe. Bräunungen und Schwarzfärbungen dieser Blütenorgane sind beim Zerschneiden sichtbare Zeichen einer Frostschädigung. Dagegen verfärben sich die Blütenblätter erst bei Frosttemperaturen ab ca. —4 Grad C. Mäßige Spätfröste zum Zeitpunkt des Fruchtansatzes bewirken mehr oder weniger starke Einschnürungen, Kerbungen, Buckelungen und Verkorkungen (Frostgürtel) der Früchte.

Im Feld- und Gemüsebau sind es vor allem Tabak, Frühkartoffeln, Buschbohnen, frühgesetzte Tomaten und Gurken, die zu den wichtigsten spätfrostgefährdeten Pflanzen zählen.

2,3) Frostschutz

Die Methoden der direkten Frostabwehr zielen darauf hin, die Entstehung pflanzenschädigender Frosttemperaturen zu verhindern. Dieses Ziel läßt sich erreichen durch Verminderung der Wärmeausstrahlung mittels Rauch, Nebel oder Bedeckungsmaterialien, durch Zerstörung der bodennahen Kaltlufthaut (Luftdurchmischung durch Ventilatoren), durch Heizung der Luft und durch Beregnung der Pflanzen (Wärmewirkung des gefrierenden Wassers). Die erwähnten Frostschutzmethoden können eine Temperatursteigerung (Schutzwirkung) von einem bis mehreren Graden bewirken. Der Erfolg der Frostabwehr hängt allerdings von der *Stärke* des zu erwartenden Nachtfrostes ab. Räuchern, Nebeln und Bedecken können nur vor leichten Frösten bewahren. Mit Heizung und Beregnung ist auch bei schweren Frösten ein guter Erfolg zu erzielen. Windfröste sind nur schwer bekämpfbar. Glücklicherweise sind aber schwere Fröste viel seltener als leichte, und es ist darum die Wirtschaftlichkeit der herkömmlichen Frostschutzmethoden nicht zu unterschätzen.

2,31) Frostschutz durch Räuchern und Vernebeln

Bereits seit dem Altertum ist das Frosträuchern mit *qualmerzeugendem organischem Material* zur Bildung einer, die Ausstrahlung verhindernden, künstlichen Wolkendecke (Verbrennung von feuchtem Mist, nassem Reisig, feuchtem Gras, Laub, Sägespänen etc.) üblich. Vor allem in Kleingärten ist diese einfachste und daher billigste aller Frostschutzmethoden beliebt. Ihre Wirksamkeit ist bei guter und anhaltender Einhüllung des zu schützenden Gebietes durchaus nicht schlechter als bei Verwendung modernerer Einnebelungsverfahren. Aus der Schweiz wird berichtet, daß mit etwa 150 solcher Mottfeuer eine Fläche von 2,5 km² bis zu 5 Stunden mit einer 20 bis 50 m mächtigen Rauchdecke verhüllt werden konnte. Ein Nachteil des Verfahrens bei großflächiger Anwendung ist der zur Unterhaltung der Feuerstellen notwendige Personalaufwand und auch die nicht gerade bequeme Handhabung. Der Einsatz moderner Nebelerzeugungsgeräte, die sich durch rasche Inbetriebsetzung, einfache Handhabung und geringen Personalaufwand auszeichnen, wird daher heute meist vorgezogen.

Während vor einigen Jahrzehnten die *Räucherung* oder besser gesagt Verrußung durch Verbrennung teeriger Substanzen oder Rohnaphthalin verbreitet war, geht heute das Bestreben dahin, wirksamere Lufttrübungsmaterialien und Geräte mit größerem Wirkungsradius zu verwenden. An dieser Stelle ist anzuführen, daß unsere beste Nebelsubstanz kondensierter *Wasserdampf* ist (echter Nebel). Nebel, oder besser Rauch, der durch feine Verteilung von Salzen (z. B. Salmiak) entstanden ist, und keine Kondensierung des Wasserdampfes verursacht, und ebenso auch Ruß, besitzen geringere Wirksamkeit.

Ein bekannter Nebelapparat auf Wasserdampfbasis ist der *Tauno-Laine-Nebelofen.* Im Aussehen gleicht er einem Waschkessel mit zwei Rosten und einer Ofentür zum Nachlegen des Brennmaterials. Über dem möglichst heiß zu haltenden Feuer wird auf einem Rost eine Strohschichte durch Überbrausen mit Wasser dampfend gehalten. Zur Stabilisierung des Wassernebels dient Schwefeltrioxyd (stark hygroskopisch), das in einem besonderen Eisenstiefel zur Verdampfung gelangt. Die entstehenden, sehr verdünnten Schwefelsäurenebel sind praktisch unschädlich und bei Temperaturen unter 0 Grad C ziemlich dicht. Ein Gerät vermag bei ruhiger Luft eine ebene Fläche von 2 bis 5 Hektar zu vernebeln, natürlich nur unter der Voraussetzung, daß ein

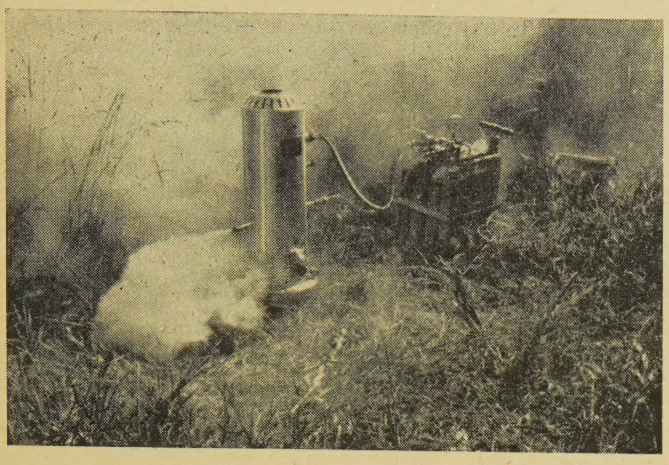


Abb. 2: Öl-Wasserdampf-Nebelgerät (Typ „Oro"; Fa. Neff)

größeres Gesamtgebiet vernebelt wird. Mit dem Gerät konnten Schutzwirkungen bis zu 3 Grad Temperaturerhöhung gegenüber unbenebeltem Gebiet erzielt werden.

In Deutschland sehr verbreitet sind derzeit die sogenannten *Fumex-Räucherpatronen.* Durch Entzündung eines Gemisches aus Zinkstaub und einer organischen Chlorverbindung bilden sich dichte Rauchmassen aus Zinkchlorid, das durch seine Hygroskopität die Bildung eines natürlichen Nebels fördert. Die Fumex-Beräucherung ist ein Großraumverfahren und kommt für kleine Gärten nicht in Betracht. Mit 5 bis 6 Patronen kann man 10 Hektar eine Stunde lang mit einer dichten Rauchwolke überziehen. Als Schutzwirkung der Fumex-Patronen wird eine Verhinderung des Temperaturabfalles um ca. 2 Grad C angegeben.

Ein von der Wiener Firma Janko hergestellter Räucherapparat ist das *Frost-Ex-Vernebelungsgerät.* Es besteht aus zwei Gasflaschen mit Absperrventilen, genau einstellbaren Düsen und einem Mischtrichter. In den Gasflaschen befindet sich Schwefeldioxyd bzw. Ammoniak. Bei Öffnen der Ventile verbinden sich die beiden Gase zu einem dichten Rauch von Ammoniumbisulfit, der vermutlich auch die Bildung eines echten Wasserdampfnebels fördert. Ein besonderer Vorteil des Gerätes ist dessen einfache Bedienung und müheloser Transport bei Stellungswechsel. Der Rauch, der nach Oxydation in Ammoniumsulfat übergeht, ist völlig pflanzenunschädlich und wirkt sogar als Düngemittel.

Andere Vernebelungsapparate suchen durch Verdampfung von Öl oder Öl und Wasser die Ausbildung einer frostschützenden Nebeldecke zu erreichen. Ein Beispiel dafür ist das *Oro-Nebelgerät,* das Nebel aus Öl und Wasserdampf erzeugt. Als Heizquelle dient ein Benzinbrenner. Ein Gerät soll unter günstigen Bedingungen bis zu 10 Hektar vernebeln können. Genaue Erfahrungen stehen aber zur Zeit noch aus. Ein ähnliches Gerät, das *Schwingfeuer-Nebelgerät* vernebelt Dieselöl. Ihm werden Schutzwirkungen bis zu 3 Grad C nachgesagt. Auch die B. A. f. Pflanzenschutz hat heuer ein derartiges Öl-Wasserdampf-Nebelgerät (Typ „Oro"; Fa. Neff) zur Prüfung übernommen. Mittels eines kräftigen Benzinbrenners werden in diesem Gerät Öl und Wasser in zwei Zylindern verdampft. Die Dämpfe treten vermischt durch einen seitlichen Stutzen aus (Abb. 2). Leider hat das heurige Fehlen von Spätfrostwetterlagen es verhindert, nähere Erfahrungen über dieses Gerät zu sammeln.

Zusammenfassend kann über die Erfahrung mit Räucher- und Nebelmethoden berichtet werden, daß diese durchschnittlich eine *Schutzwirkung von 2 Grad C* zu bieten vermögen. Diese Schutzwirkung äußert sich in einer Verhinderung des Temperaturabfalles, jedoch nicht in einer Erwärmung. Mit der Erzeugung der Nebeldecke muß daher rechtzeitig begonnen werden. Die Anwendbarkeit des Verfahrens ist auf schwache Strahlungsfröste in ebenen Lagen mit kaum merklicher Luftbewegung beschränkt. In hügeligen oder hängigen Lagen ist infolge steter Luftbewegung (Abgleiten der Kaltluft) die Ausbildung einer geschlossenen Nebeldecke sehr erschwert.

Vorteile des Nebelverfahrens sind: verhältnismäßig geringe Kosten, geringer Personal- und Arbeitsaufwand. *Nachteile:* schwache, bei stärkeren Frösten ungenügende Wirksamkeit, große Windempfindlichkeit.

2,32) Frostschutz durch Bedecken

Das Bedecken oder Einhüllen von Kulturpflanzen, um sie vor Frost zu schützen, ist eine altbekannte Methode. Die ersten Aufzeichnungen über Abdeckversuche mit Temperaturmessungen stammen aus dem Jahre 1821. Die Bedeckung wirkt ähnlich wie die Vernebelung ausstrahlungsmindernd; zusätzlich ist bei geschlossener Abdeckung eine Speicherung der tagsüber eingestrahlten und vom Boden aufgenommenen Wärme zu erwarten. Als Bedeckungsmaterialien können die verschiedenartigsten Stoffe dienen (Papier, Pappe, Strohmatten, Schilf, Reisig, Sackleinen, Kunststoffolien etc.).

Frostschutzschirme, die ehedem im Weinbau größere Bedeutung besaßen, findet man gelegentlich auch heute noch angepriesen. Die Schutzwirkung dieser Papp- oder Strohschirme wird jedoch selten mehr als 1,5 Grad C betragen.

Auch bei *großflächiger Abdeckung* von Kulturanlagen ist die Temperaturerhöhung des geschützten Bestandes gegenüber einem ungeschützten sehr gering. Im Durchschnitt lassen derartige, durch Bedecken geschützte Anlagen eine Temperaturerhöhung um ca. 1,5 Grad C, höchstens um ca. 3 Grad C, erwarten. Versuche der B. A. f. Pflanzenschutz, die im heurigen Frühjahr mit *Zellophanüberdeckung* eines 60 m² großen Beetes durchgeführt wurden, verliefen zwar positiv (Schutzwirkung 1,6 Grad C), doch ist diese Art einer großflächigen Bedeckung wegen der leichten Zerreißbarkeit und Windunbeständigkeit des Zellophanpapiers nicht zu empfehlen.

Ganz allgemein ist über die bisherigen Erfahrungen mit Bedeckungsmaterial zu sagen, daß Aufwand an Geld und Arbeitszeit in keinem günstigen Verhältnis zum erzielten Effekt stehen, zumal wir heute sicherere und billigere Wege einer Frostabwehr kennen. Lediglich dem Kleingärtner mag das Bedecken seiner Erdbeerbeete, Wandspaliere, Dahlien etc. Vorteile bieten.

2,33) Frostschutz durch Luftdurchmischung (Ventilator)

Die Methode der Frostbekämpfung durch Luftdurchmischung macht sich die Tatsache zunutze, daß bei reinem *Strahlungsfrost* nur in den erdbodennahen Schichten eine Kaltlufthaut entsteht, während in einigen Metern oder in einigen Zehnmetern Höhe bereits wärmere Luftschichten mit ungefährlichen Temperaturen anzutreffen sind. Wenn es also gelingt, die am Boden liegende Kaltluftdecke wirkungsvoll zu zerreißen und mit warmer Luft aus höheren Schichten zu vermengen, dann ist zumindest bei mäßiger Mächtigkeit der Kaltluftschicht ein gewisser Frostschutzeffekt zu erwarten. In der Praxis geschieht diese Vermischung und Verwirbelung der Luft mit leistungsfähigen, auf hohen Gerüsten montierten Motoren mit großen Propellern, die die warme Luft der höheren Schichten schräg herab auf den Erdboden blasen. Damit die Wirkung nicht einseitig ist, wird durch eine horizontale Drehbewegung des ganzen „Großraumventilators" die Luftverwirbelung nach allen Himmelsrichtungen wirksam.

In Österreich hat bereits in den dreißiger Jahren *Lenz Moser* in seinen Weingärten im Tullnerfeld derartige Versuche mit Erfolg unternommen. Mit einer Motorleistung von 50 PS soll sich die Schutzwirkung auf einen Umkreis von 100 Metern erstreckt haben. *Loewel (1954)* aus Deutschland, der auf einem 9 Meter hohen Stahlrohrmast einen Propeller von 6 Meter Durchmesser mit einer Motorleistung von 10 PS verwendete, konnte damit auf einer Fläche von 1/4 Hektar einen Temperaturanstieg von 1 Grad C und auf einer Fläche von 1/10 Hektar einen Temperaturanstieg von 2 Grad C feststellen. Propeller mit über 200 PS sollen dagegen Schutz bis für 6 Hektar bieten können. Bewährt ist auch die Kombination von Propelleranlagen mit Geländeheizung. Die mit dieser Kombination erzielten Temperaturgewinne betrugen in amerikanischen Versuchen stellenweise über 3 Grad C.

Zusammenfassend ist über die Anwendung der Luftverwirbelungsmethode zur Frostbekämpfung zu berichten: Die Wirksamkeit dieser Propellermethode hängt, wie bereits angedeutet, sehr von der Mächtigkeit der bodennahen Kaltluftschichte sowie von der Stärke der Temperaturzunahme in der Höhe ab. Fehlt eine solche Temperaturinversion (Temperaturzunahme mit der Höhe) in den unteren Luftschichten, d. h. ist also auch die Luft in der Höhe kalt, wie es meist bei Windfrösten der Fall ist, dann ist der Einsatz

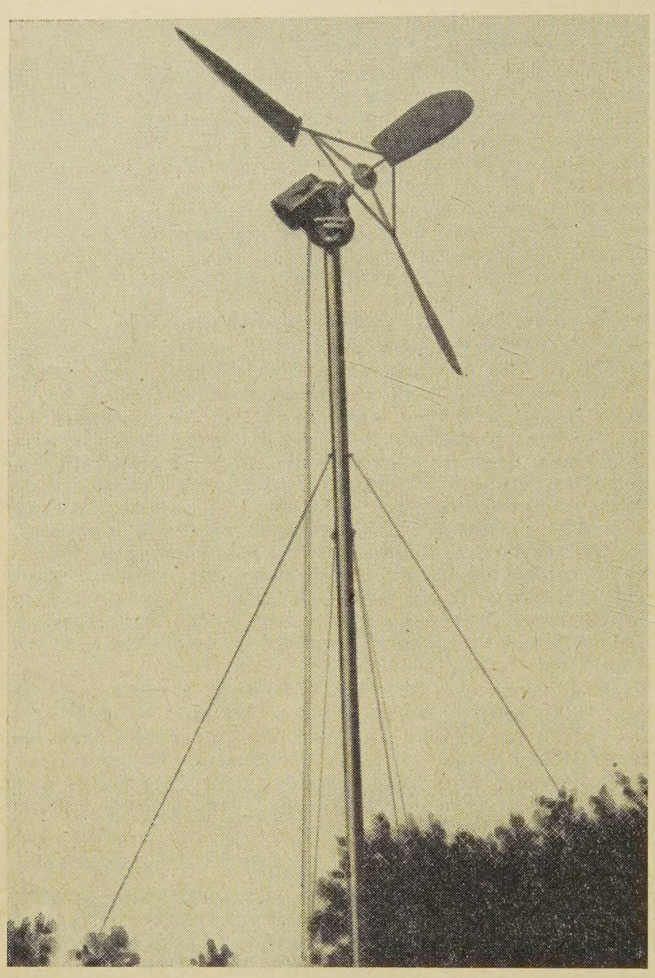


Abb. 3: Frostschutz-Propeller (Photo: van Eimern)

eines Propellers selbstverständlich von keinem Erfolg begleitet. Ebenso besteht auch bei Verwendung des Propellers in ausgesprochenen Kaltluftlöchern mit hochreichender Kaltluftschicht kaum Aussicht auf Erfolg. Ansonsten ist diese Methode auf *leichte bis mittlere* Strahlungsfröste beschränkt und bietet bei geeigneter Montierung leistungsfähiger Propeller zweifellos einen gewissen Schutz.
Vorteile des Verfahrens sind: Einmannbedienung; *Nachteile:* Wirksamkeit nur für leichte und mittlere Strahlungsfröste.

2,34) Frostschutz durch Heizung

Die Abwehr von Frost und Kälte durch Heizung erscheint wohl auch dem Laien eine naheliegende Schutzmaßnahme zu sein, erscheint doch nichts einleuchtender, als durch Erwärmung einer Kaltluftmasse der Frostgefahr wirksam zu begegnen.
Bevor wir uns nun aber dem praktischen Teil dieser Abwehrmethode zuwenden, mögen einige Zeilen die theoretischen Grundlagen und Voraussetzungen der Geländeheizung näher beleuchten. Beginnen wir zunächst mit einer kleinen Überschlagsrechnung! Bereits an früherer Stelle haben wir angenommen, daß die Ausstrahlung, d. h. der Wärmeverlust des pflanzenbedeckten Bodens im ungünstigsten Fall (Windstille, trockene Luft, klarer Himmel) etwa 90 Kilokalorien pro m² und Stunde beträgt. Umgerechnet auf 1 Ar (= 100 m²) ergibt dies einen Wärmeverlust von 9000 Kilokalorien. Wir müssen also pro Ar bei ungünstigen Bedingungen eine Wärmemenge von 9000 Kalorien pro Stunde aufwenden, wenn eine Abkühlung vermieden werden soll. Diese Wärmemenge entspricht der Verbrennung von 0,9 kg Öl.
Ein Geländeofen mit einer Brennleistung von *0,9 kg Heizöl pro Stunde und Ar* oder 100 solcher Öfen pro Hektar (= rund 100 kg Öl pro Hektar und Stunde) sollten also imstande sein, ein Absinken der Temperaturen zu verhindern. Die Praxis lehrt, daß diese Überschlagsrechnung zumindest die Größenordnung richtig abschätzt. *Erfahrungsgemäß* ist aber mit einem Verbrauch von *2 bis 3 kg Heizöl pro Stunde und Ar (d. i. 200 bis 300 kg Öl pro Stunde und Hektar)* zu rechnen. Dem entsprechen 200 bis 300 Öfchen pro Hektar mit einem Ölverbrauch von 1 kg pro Stunde. Die Tatsache, daß praktisch mehr Wärme benötigt wird als die Berechnung lehrt, ist einfach zu erklären. Selbst bei scheinbarer Windstille sind stets Luftströmungen vorhanden, die die erzeugte Wärme aus der beheizten Plantage mit sich fortführen, so daß die Warmluft schließlich einer weitaus größeren Fläche zugute kommt. Bereits schwache Winde können große Wärmeverluste verursachen. So wird bei einem Wind von nur 1 km/h die Warmluft über einer beheizten Fläche mit den Ausmaßen

10×10 m (1 a)	in der Stunde	100mal[1] durch frische Kaltluft[2] ersetzt,
100×100 m (1 ha)	in der Stunde	10mal durch frische Kaltluft ersetzt,
1000×1000 m (1 km²)	in der Stunde	1mal durch frische Kaltluft ersetzt.

Bei Advektivfrösten mit lebhafteren Winden ist demgemäß der Nutzungseffekt noch viel geringer, so daß Ölmengen bis zu *5 kg pro Ar und Stunde* (= 500 kg pro ha und Std.) und noch mehr aufzuwenden sind, wenn einigermaßen ein Erfolg erzielt werden soll. Bei starken Windfrösten versagen allerdings nahezu alle Frostschutzmethoden (inkl. Beregnung), doch glücklicherweise sind diese selten. Obige Zahlen zeigen ferner deutlich den *außerordentlich großen Einfluß der Größe der beheizten Fläche.* So hat eine beheizte Fläche von 1 Ar 10mal stärker unter Wind zu leiden als eine Fläche von 1 Hektar, und 100mal stärker als ein beheiztes Gebiet von 100 Hektar (= 1 km²). Zu den Grundanforderungen einer wirksamen Frostbekämpfung gehört darum eine *genügend große beheizte Fläche,* um die Wärmeverluste durch den Wind möglichst gering zu halten. Darum bietet im Kleingarten — es sei denn bei Gemeinschaftsaktionen — die Geländeheizung im allgemeinen wenig Aussicht auf durchschlagenden Erfolg. Vor allem die Beheizung nur einzelner Baumreihen ist unrationell und nahezu erfolglos. Man sollte vor allem bei kleineren Flächen trachten, diese möglichst *quadratisch* zu wählen, da die Windbeeinflussung dann am geringsten ist.
Bei Strahlungsfrösten mit dünner Kaltluftdecke am Boden und starker *Temperaturzunahme in der Höhe* (starke Temperaturinversion) ist die Geländeheizung am besten wirksam, denn die durch die Feuerstellen erhitzte Luft muß so lange aufsteigen, solange sie *wärmer, d. h. leichter* als die umgebende Luft ist. Ist aber diese umgebende Luft in steigender Entfernung vom Erdboden immer wärmer, so erreicht die von den Feuerstellen aufstrudelnde Warmluft, die während des Aufsteigens immer mehr Wärme an die Umgebung verliert und daher kälter wird, schließlich eine Schichte, in der sie *gleich warm, d. h. gleich schwer* ist wie die umgebende Luft. Sie kann daher nicht weiter aufsteigen, so daß infolgedessen die erzeugte Wärme nur den *darunterliegenden, erdbodennahen Luftschichten* in wirkungsvoller Weise zugute kommt (Plafondwirkung der Temperaturinversion). Bei fehlender Temperaturumkehr (Windfröste) ist der Heizeffekt geringer, denn eine Erwärmung der Pflanzen rührt dann nur von der durch die Feuerstellen unmittelbar erhitzten und an den Pflanzenteilen vorbeistreichenden Luft her. Der Großteil der so erzeugten Wärme geht aber in der Luft verloren.

2,341) Die Anordnung der Feuerstellen

Die Zahl der pro Hektar benötigten Feuerstellen wurde bereits erwähnt. Sie beträgt 200 bis 300 Öfen pro Hektar. Die Verteilung der Heizapparate oder Feuerstellen im Gelände erfolgt aber nicht gleichmäßig. Vor allem an den *windseitigen Rändern* der beheizten Fläche sollten die Öfen zumindest doppelt so dicht gesetzt werden. Zweckmäßig ist es, alle Randreihen doppelt zu besetzen, da nicht immer vorauszusehen ist, aus welcher Richtung der Wind in der Frostnacht bläst. Im Ernstfall läßt man dann die zusätzlichen Öfen der dem Wind abgewendeten Seite unangezündet,

[1] = Windweg (1000 m/Stunde) dividiert durch Seitenlänge der Fläche.
[2] durch frische Kaltluft *gleicher Flächenausdehnung.*

während bei stärkerem Wind die Aufstellung einer weiteren zusätzlichen Ofenreihe an der Windseite ratsam erscheint. Auf diese *dichtere Besetzung der Randreihen* sollte man auf keinen Fall vergessen, da schließlich die Luft am Rande des Beheizungsgebietes am kältesten ist und daher auch einer kräftigen Erwärmung bedarf. Da von allen (möglichen) Rechtecken gleicher Fläche ein *Quadrat* den geringsten Umfang besitzt, kann ein Teil der Zusatz-Öfchen an den Rändern eingespart werden, wenn die zu beheizende Fläche nicht allzu länglich (am besten quadratisch) gewählt wird. Je größer außerdem die beheizte Fläche ist, um so geringer ist verhältnismäßig ihr Umfang. So hat eine quadratische Fläche von 1 Hektar einen Umfang von 400 m. Eine *4mal* so große quadratische Fläche (4 ha) hat dagegen nur *doppelten* Umfang (800 m). Aus diesen und bereits erörterten Gründen (Wind) kann bei größeren Beständen (ab 3 ha) die Zahl der Brennstellen bis um 30 Prozent verringert werden. Die Schutzwirkung der Geländeheizung wird mit 3^0 bis 4^0 C angegeben.

2,342) Die Heizung mit festen Brennstoffen

Die Verwendung fester Brennstoffe (Holz, Torf, Sägespäne, Briketts etc.) *ohne* dafür vorgesehenes Heizgefäß ist meist nicht zu empfehlen. Die große Nässeempfindlichkeit dieser Brennmaterialien erschwert das Anzünden und bei Beendigung der Frostgefahr ist es kaum möglich, den unverbrannten Rest zu löschen, um Brennstoff einzusparen. Wirtschaftlicher auf die Dauer ist daher unbedingt das Heizen mit *Geländeheizöfen.* Als solche können behelfsmäßig auch einfache Gefäße dienen, die aber zumindest einen Deckel als Schutz gegen Nässe besitzen sollten. Besser sind freilich speziell zu diesem Zweck hergestellte Heizöfen. Meist werden die zur Verbrennung fester Stoffe bestimmten Öfen zur *Brikettheizung* verwendet. Das sehr um den Frostschutz bemühte Deutschland bringt eine Reihe dieser Typen auf den Markt, von denen einige genannt werden sollen.
Der *„Monos"-Ofen* (Fa. Monos, Neuwied/Rh., Preis 7,25 DM) besitzt ein Fassungsvermögen für 5—6 Briketts und kann mittels daruntergelegter Holzwolle und Naphthalin gezündet werden. Bei mäßigen Frösten genügt Nachlegen von 1—2 Stück jede ½ Stunde. Bei Windfrösten können 5—6 Stück pro Stunde erforderlich werden. Eine andere Brikettype ist der Geländeofen *„Fortschritt"* (Fa. Schneider, Freiburg/Breisgau), dessen kleinere Ausführung auch die Verbrennung von Öl gestattet. Durch Aufsetzen der Briketts im Dreiecksverband wirkt der dadurch entstehende innere Hohlraum als Schlot und fördert die Verbrennung.
Zweifellos mag das Heizen mit Briketts einige Bequemlichkeiten bieten (Transport, Aufbewahrung), doch zieht die Praxis heute in steigendem Maße die Verwendung flüssiger Brennstoffe vor.

2,343) Die Heizung mit flüssigen Brennstoffen

Der Grund für diese Bevorzugung ist das einfachere und angenehmere Zünden und Löschen der Heizgefäße; außerdem spielt die Verwendungsfähigkeit minderer und daher billigerer Heiz- oder Abfallöle ebenfalls eine große Rolle.
Ebenso wie bei den festen Brennstoffen ist auch das *offene* Abbrennen flüssiger Brennstoffe (Heizöl), wie etwa durch Tränken von Sägespänen oder Torf, kaum zu empfehlen. Besser ist selbst behelfsmäßige Heizung in leeren Dosen, Metall- oder Tontöpfen. Für die Wärmeentwicklung ist es ziemlich gleichgültig, welche Art von primitiven Heizgefäßen verwendet wird (auch alte Stahlhelme wurden bereits dazu benützt). Hauptsache ist, die Gefäße sind hitzefest und entsprechen der geforderten mechanischen Beanspruchung. Zu beachten ist, daß die erforderliche Brennstoffmenge etwa *2—3 Liter Öl pro Ar u. Stde.,* unter Umständen auch mehr beträgt! Je nach der Brennleistung der Gefäße ist dann eine genügend große Anzahl in der betreffenden Kulturanlage zu verteilen. Eine nicht zu unterschätzende Forderung ist auch, daß die Heizbehälter eine Brenndauer von mindestens 5—6 Stunden besitzen sollten, um ein Nachfüllen während der Frostnacht zu vermeiden. Wo nicht die Möglichkeit einer *behelfsmäßigen* Heizung besteht, und das ist im Intensivbetrieb der Fall, müssen spezielle *Öl-Geländeheizöfen,* von denen es eine stattliche Anzahl gibt, verwendet werden. Vor der Besprechung einiger typischer Vertreter derselben, sind noch einige Worte über den Brennstoff selbst zu sagen.

Flüssiger Brennstoff, d. h. Öl (Heizöl), ist je nach Sorte ein mehr oder minder raffiniertes oder destilliertes Produkt des Erdöls. Nicht alle Sorten sind zur Ölheizung gleich gut geeignet oder wirtschaftlich. Am billigsten ist *Abfallöl* erhältlich, das, wenn es wenig Wasser enthält, oft vorzüglich brennt. Enthält es größere Mengen an Wasser oder ist es sonst irgendwie stark verunreinigt, kann es durch „Strecken" mit Heizöl doch noch verwendungsfähig gemacht werden.
Unter den eigentlichen Heizölen sind die bei kühleren Temperaturen oft sehr zähflüssigen Sorten, wie schweres oder mittleres Heizöl, weniger gut geeignet, nicht weil der Heizwert wesentlich geringer wäre (siehe Tabelle 2), sondern weil ein rasches Füllen der Heizöfen durch die Zähflüssigkeit dieser Öle sehr behindert wird. Die dünnflüssigeren Öle, wie Heizöl Leicht, Spindelöl, Dieselöl etc. entsprechen hingegen allen heizungstechnischen Anforderungen. Nähere Angaben über die einzelnen Ölsorten sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Die Angaben über den *Rückstand* entstammen eigenen Versuchen. Je nach Windstärke und verwendetem Heizgefäß können diese Werte allerdings stark schwanken. So ermöglichen größere Heizgefäße und ebenso Windstille in der Regel meist vollkommenere Verbrennung als kleine Gefäße oder Wind. Die Preise gelten für Bezug des Öls in Fässern.

Tabelle 2: Flüssige Brennstoffe

Ölsorte	Preis pro 100 kg	Heizwert	Rückstand
	S	kcal/kg	Prozent
Heizöl Schwer	57,70	9800	11,3
Heizöl Mittel	83,40	9900	8,1
Heizöl Leicht	113,95	10.000	2,3
Shell Öl RA [1]	148,50	10.000	0,3
Shell Öl J [1]	165,00	10.000	1,1

[1] Spindelöl

2,344) Versuche der Bundesanstalt für Pflanzenschutz

Die Bundesanstalt für Pflanzenschutz hat im heurigen Frühjahr Testversuche mit verschiedenen Ofentypen und verschiedenen Heizölen durchgeführt und *vor allem die Erprobung eines billigen und daher wirtschaftlich tragbaren Heiztopfes im Großversuch geplant.* Zum Glück für die Produzenten, zum Unglück für die Versuchssteller, blieben im heurigen Frühjahr die Spätfröste aus, so daß sich unsere Erfahrungen über den Großeinsatz dieser später näher zu erwähnenden, einfachen *Riess-Heiztöpfe* nur auf eine Generalprobe beschränken und daher als vorläufige Mitteilung zu werten sind.
Unter den speziell zur Geländeheizung hergestellten Heizöfen können wir zwei Haupttypen unterscheiden. Erstens einfache, kübelartige Gefäße (Töpfe) ohne Strahlungswirkung und zweitens mehr oder minder komplizierte Öfen mit *strahlungserhöhenden Aufsätzen,* Abzugsrohren, Zugluftklappen etc. Vom heizungstechnischen Standpunkt aus gesehen, ist die Verwendung von Öfen mit Strahlungswirkung zu bevorzugen, da die von der erhitzten Ofenmantelfläche abgestrahlte Wärme *ohne Windverluste* die grünen Pflanzenteile unmittelbar erwärmt. Je größer die Manteloberfläche des Ofens und je höher dessen Temperatur ist, desto stärker ist die Strahlungswirkung. Einziger empfindlicher Nachteil dieser wärmeabstrahlenden Öfen gegenüber den einfachen Gefäßen ist, wenn man von der vermehrten Arbeit beim Füllen und vor allem beim Reinigen absieht, deren oft um ein Vielfaches höherer Preis. Anschließend nun eine kurze Zusammenstellung bekannterer oder erprobter Ofentypen.
Abb. 4 links zeigt einen typischen *amerikanischen Ölheizofen,* wie er in vielen Hunderttausenden von Exemplaren in den Citrus-Kulturen Kaliforniens verwendet wird. Der Ofen, der mit regulierbaren Zugluftlöchern versehen ist, hat gute Heizeigenschaften und dank seiner großen Oberfläche hervorragende Strahlungswirkung, die selbst in einiger Entfernung vom Ofen noch deutlich spürbar ist. In Österreich sind derartige Öfen nicht erhältlich. Für Reb- und Spindelbuschanlagen geeignet ist die danebenstehende kleinere Type eines *nachgebauten Modells,* das von der Fa. Jessernigg & Urban, Stockerau, erzeugt wurde. Auch dieser Ofen hat deutlich spürbare Strahlungswirkung und zur individuel-

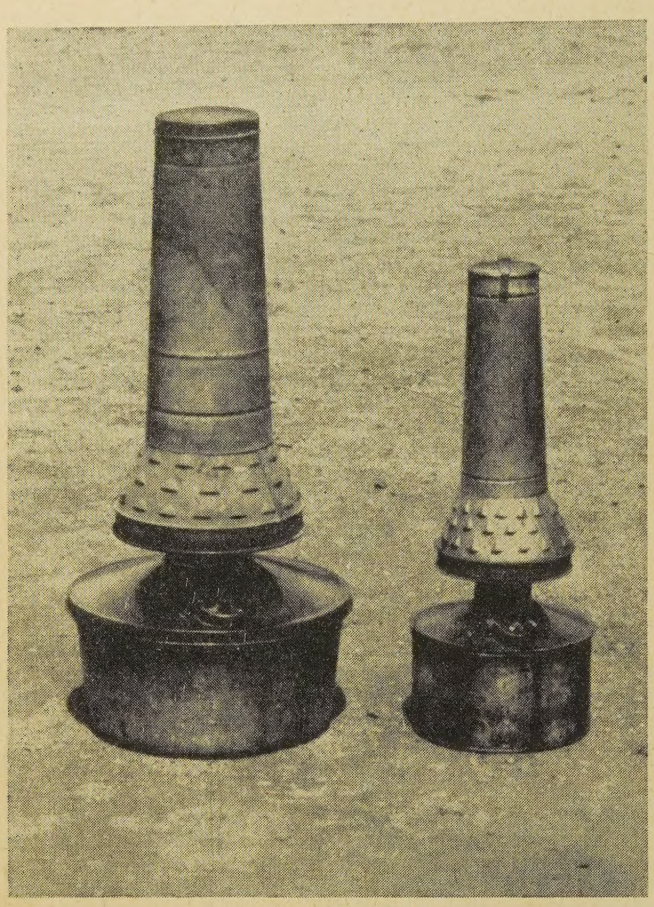


Abb. 4: Links: US-Originalofen; rechts: kleines, nachgebautes Modell

len Anpassung der Heizleistung an die Froststärke regulierbare Zugluftlöcher. Das Fassungsvermögen beträgt etwa 10 Liter. Zu voll dürfen diese Öfen nicht gefüllt werden, da sie dann infolge verschlechterter Zugwirkung schwer in Brand zu setzen sind. Derzeit wird dieser Ofen wegen mangelnder Nachfrage nicht mehr erzeugt.

Der *Stahl'sche Geländeheizofen* der deutschen Fa. Stahl (Großbottwar/Württemberg) wird auch in Österreich vertrieben (Vertretung Fa. Agromotor, Wien). Er wird in zwei Modellen geliefert. Das Grundmodell (Abb. 5 rechts) ist in erster Linie für Rebanlagen gedacht. (Preis S 59,—). Das Obstbaumodell besteht aus Grundmodell + Obstbaumaufsatz (Preis des Aufsatzes S 54,—). Ein komplettes Obstbaumodell (Grundmodell + Aufsatz) kommt somit auf S 113,— zu stehen. Beide Typen lassen sich durch Verstellung der

Abb. 6: Stahl'scher Geländeheizofen: Obstbaumodell, zerlegt

Abzugslöcher (gegenseitiges Verdrehen) in ihrer Brennleistung regulieren. Der Verbrauch des Grundmodells wird mit ca. 1 Liter Heizöl/Stunde angegeben (eigene Bestimmung: 1,1 kg/Stunde), der Verbrauch der Obstbautype mit 1,5 Liter/Stunde (eigene Bestimmung: 1,3 kg/Stunde). Etwas störend wirkt bei längerer Brenndauer die Verrußung der Abzugslöcher, die eine Verminderung der Brennleistung zur Folge hat. Einen tieferen Einblick in den inneren Aufbau der Obstbautype gewährt Abb. 6. Sie zeigt die Anzahl der Einzelteile, aus denen dieser Ofen besteht. Strahlungseigenschaften, Stapelungs- und Lagerungsfähigkeit dieses Ofens sind gut. Aus Deutschland liegen zahlreiche positive Berichte über die Verwendung dieses Ofens vor.

Ebenfalls von deutschen Eltern ist der *Steinheuer-Öl-Geländeheizofen „Garant"* der Firma Schneider aus Freiburg im Breisgau (Preis: Type I S 65,—, Type II S 54,—). Garant I mit einem Fassungsvermögen von 12 Litern (Abb. 7 links), besitzt eine angegebene Volleistung von 1,2 Liter Öl/Stunde, Garant II, mit einem Fassungsvermögen von 8 Litern (Abb. 7 rechts), eine Volleistung von 0,8 Liter Öl/Stunde. Beim Wegklappen des oberen Deckels kann die Leistung noch gesteigert werden. Diese Ofentype besteht praktisch nur aus einem massiven Eisentopf und einem kegelstumpfartigen strahlungserhöhenden Abzugsrohr, das mittels einer einfachen Scharniere und einer mit Löchern versehenen Schnalle in verschiedener Höhe fixiert werden kann (Abb. 8) und so eine Regelung des Luftzuges gestattet. Auch der ober dem Abzugsstumpf mit einem Schraubgewinde angebrachte Deckel kann zur Wärmeregulierung verwendet werden. Bei zu eng eingestellter Abzugsöffnung geht allerdings die Brennleistung infolge Verrußung stark zurück. Die Öfen sind auch im gefüllten Zustand leicht transportierbar.

Als nächste Type sei, obwohl wir selbst keine eigenen Erfahrungen über sie besitzen, der sogenannte *Dickenscheid-*

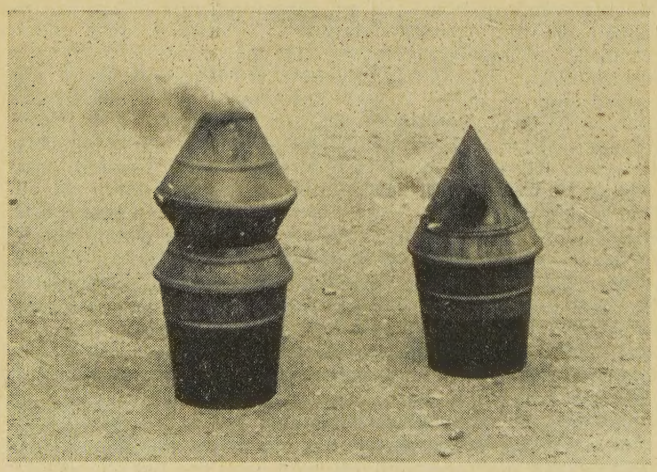


Abb. 5: Stahl'sche Geländeheizöfen
Links: Obstbaumodell; rechts: Grundmodell

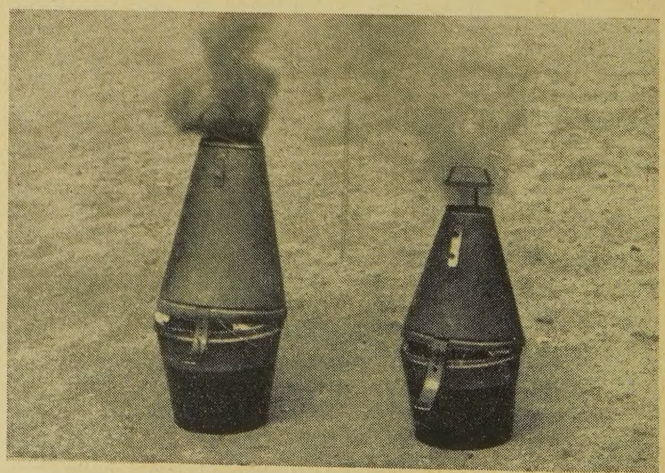


Abb. 7: Steinheuer-Öl-Geländeheizöfen.
Links: „Garant I", rechts: „Garant II"

Abb. 8: Steinheuer-Öl-Geländeheizofen: „Garant", Innenansicht

Ölheizofen der Fa. Dickenscheid in Gau-Algesheim/Rh. angeführt (Preis 6,50 DM). Er faßt 6 Liter Heizöl und hat eine Brenndauer von 9 Stunden, d. h. 1 Liter Öl brennt 1,5 Stunden.
Ein völlig neuartiges Entwicklungsprodukt der Öl-Geländeheizung sind die *Brenntag-Freiluftbrenner* (Brenntag-GmbH., Mülheim/Ruhr). Der Unterschied gegenüber anderen Ölöfen besteht darin, daß das Öl von einer zentralen Pumpstelle (Abpumpen direkt aus Fässern oder Tanks) durch Leitungen (Kunststoffschlauch) den einzelnen Brennern, die an beliebigen Stellen aufgestellt werden können, zugeführt wird. Die Brenner sind gesondert durch ein Ventil zu regulieren. Die Brennleistung hängt außerdem auch vom Öldruck (4—8 atü) ab und beträgt pro Brennstelle ca. 1,8—2,2 Liter/Stunde. Die Anlage für 1 Hektar kommt auf ca. 7000 DM zu stehen. Dieses Heizverfahren steckt derzeit noch etwas in den Kinderschuhen, hat aber seine Bewährungsprobe bereits bestanden.
Sämtliche der bisher angeführten Geländeheizöfen zählen zu den Typen mit Strahlungswirkung. Zweifelsohne wären an dieser Stelle noch zahlreiche andere ausländische Frostschutzöfen anzuführen, doch haben wir nur über jene Fabrikate berichtet, über die wir eigene Erfahrungen besitzen oder zumindest einschlägige Unterlagen derselben.
Von den *einfacheren* Heizgefäßen ohne Strahlungswirkung mögen in *ausführlicher Weise die Heiztöpfe der Fa. Riess* (Ybbsitz, N.-Ö.) Erwähnung finden. Erstens weil sie ein **österreichisches Fabrikat sind, zweitens weil die Verwendung** *einfacher* und daher verhältnismäßig *billiger* Heizgefäße vom *wirtschaftlichen Standpunkt* besonders zu begrüßen ist. *Die Bundesanstalt für Pflanzenschutz hat daher mit dankenswerter Unterstützung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft und der N.-Ö. Landwirtschaftskammer in erster Linie diese billigen und daher verhältnismäßig leicht anschaffbaren Riess-Heiztöpfe auf ihre Eignung zur Frostabwehr geprüft.*

2,3441) Versuche und Erfahrungen mit den Riess-Heiztöpfen

Die *Riess-Heiztöpfe* werden in zwei Größen hergestellt. Die Normaltype (Abb. 9 rechts) mit einem maximalen nutzbaren Inhalt von ca. 5,5 Liter zu einem Preis von S 19,60 (mit Deckel S 25,40) und die auf Wunsch der B.-A. f. Pflanzenschutz erzeugte 10-Liter-Type (Abb. 9 links) zu einem Preis von S 26,— (mit Deckel S 33,60). Die Töpfe sind nahtlos und aus Eisenblech ausreichender Stärke gestanzt. Die Deckel, ebenfalls aus Blech geprägt, dienen als Regenschutz. Sie greifen gut passend über den Rand des Topfes und sind selbst durch Wind nicht so leicht abzuheben. Die Anschaffung dieser Deckel sollte nicht vergessen werden! Das Fassungsvermögen der 5,5-Liter-Type beträgt ca. 4,5—5 kg Öl (Topfgewicht ca. 0,73 kg), das Fassungsvermögen der 10-Liter-Type ca. 8,5—9 kg (Topfgewicht rund 1 kg). Die Töpfe besitzen keinen Henkel. Wir haben versucht, durch Anbringung eines Tragbügels (Henkel) an zwei gegenüberliegenden Löchern am oberen Topfrand, eine einfache, jederzeit abnehmbare Tragvorrichtung zu schaffen, doch hat sich diese nicht bewährt. Der Henkel wird während der Arbeit als lästig empfunden und das Tragen und Füllen der Töpfe ohne Henkel geht viel zeitsparender vor sich. Die Heizleistung und ebenso die Brenndauer der Riesstöpfe sind stark von der herrschenden Windstärke abhängig. Die in Tabelle 3 angeführten Zahlen dienen daher nur als Richtwerte. Die Werte für Heizöl Leicht liegen etwa zwischen den Werten für Heizöl Mittel und Spindelöl. Sie wurden nicht in die Tabelle aufgenommen, da die Bestimmung nicht zum selben Zeitpunkt vorgenommen worden war.

Tabelle 3: Heizleistung und Brenndauer verschiedener Öle in den Heiztöpfen der Fa. Riess

Ölsorte	Mäßiger Wind (ca. 20 km/Stunde)		Fast windstill	
	Verbrauch	Brenndauer	Verbrauch	Brenndauer
H.-Öl Schwer	kg/Std.	Std.	kg/Std.	Std.
5-Liter-Topf	0,99	4,6	0,67	6,5
10-Liter-Topf	1,51	5,4	1,25	6,4
H.-Öl Mittel				
5-Liter-Topf	1,08	4,1	0,81	5,4
10-Liter-Topf	1,65	4,8	1,34	6,5
Spindelöl J 1				
5-Liter-Topf	—	—	0,84	5,2
10-Liter-Topf	1,93	4,4	1,50	5,3

Bei windschwachen Strahlungsfrösten kann durchschnittlich eine Brenndauer von 5 Stunden garantiert werden. Die größere Topftype mit annähernd dem doppelten Inhalt brennt wider Erwarten nicht doppelt so lange, sondern infolge der größeren Oberfläche des Ölspiegels durchschnittlich nur eine halbe Stunde länger als die kleinere 5-Liter-Type. Das bedeutet, wie ein Blick auf Tabelle 3 lehrt, *höhere Heizleistung* der 10-Liter-Töpfe. Bei starken Winden kann der

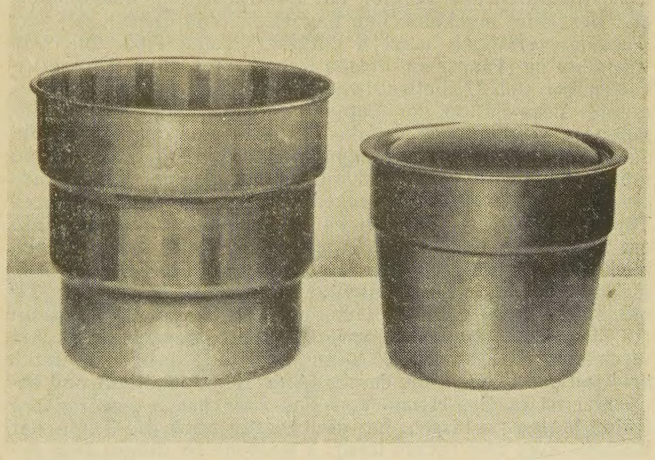


Abb. 9: Riess-Heiztöpfe

Abb. 10: Füllen eines Heizgefäßes. (Die Aufnahme wurde, wie ersichtlich, erst im Sommer zur Zeit des Einholens der Töpfe gemacht)

Brennstoffverbrauch der 10-Liter-Töpfe selbst für schweres Heizöl bis zu 2 kg/Stunde und mehr betragen. Diese Steigerung des Brennstoffverbrauches durch den Wind ist keineswegs von Nachteil, denn gerade bei Windfrösten wird oft ein Vielfaches der normalen Heizleistung benötigt.

Der Großeinsatz dieser Töpfe wurde in der bereits mehrfach von Spätfrösten schwer heimgesuchten Obstplantage des *Herrn Fiegl* in Neustift bei Krems (N.-Ö.) durchgeführt. Insgesamt wurden 95 Stück 10-Lt.-Töpfe und 298 Stück 5-Lt.-Töpfe auf einer Fläche von 1,23 Hektar aufgestellt; das ergibt eine mittlere Aufstellungsdichte von 320 Töpfen pro Hektar. Diese verhältnismäßig dichte Aufstellung (Norm etwa 250 Töpfe/ha) war gewählt worden, um auch beim Anzünden nur jedes zweiten oder dritten Topfes noch meßbare Effekte zu erhalten. Der Abstand der Baumreihen betrug 6 m, der Abstand der in jeder Reihe (insg. 15 Reihen) aufgestellten Töpfe 7 m. Sämtliche (4) Randreihen und deren nächstinnere Reihe wurden doppelt mit Heiztöpfen besetzt (Abstand der Töpfe hier 3,5 m). Die Aufstellung erfolgte im Dreiecksverband. Zum *Aufstellen* selbst verwendeten wir ein zweiräderiges Handwägelchen, auf das die Töpfe aufgeladen und durch die Reihen gefahren wurden. Noch zweckmäßiger erwies sich später (beim Einsammeln der Töpfe) ein Traktor mit zweiräderigem Anhänger. Ein nicht zu unterschätzender Vorteil der Riess-Töpfe ist es, daß diese mit 2—3 Spatenstichen *in den Erdboden versenkt werden können und so* bei den um diese Zeit fälligen Vor- und Nachblütenspritzungen dem Spritzgefährt *nicht im Wege stehen.* Traktor und Spritze können ungehindert über die Töpfe rollen. Der zur Aufstellung der Heiztöpfe benötigte Arbeitsaufwand betrug, umgerechnet auf 1 Hektar (320 Öfen), ca. 5 Stunden und zwei Mann = 10 Arbeitsstunden. Nicht hinzugerechnet ist ein Mann, der die Abstände der Töpfe genau vermessen hat, was aber in der Praxis leicht mit dem Augenmaß geschehen kann.

Das rationelle und zeitsparende *Füllen* der Töpfe verursachte anfangs einiges Kopfzerbrechen. Als Gefährt eignete sich vorzüglich ein Traktor mit zweiräderigem Eisenanhänger, der jeder mechanischen Beanspruchung gewachsen war (Fassungsvermögen max. 4 Ölfässer; siehe Abb. 10). Das Verladen der Fässer auf diesen Karren ging ohne Schwierigkeiten vor sich (Arbeitsaufwand pro Faß: 3 Mann, 2—3 Minuten). Zum Füllen der Töpfe wurde zunächst eine Handpumpe verwendet, mit der das Öl direkt aus dem Faß in die daruntergehaltenen Töpfe gepumpt wurde; Ergebnis: viel zu langsam und viel zu ermüdend. Ein an die Handpumpe angesetzter Schlauch, der direktes Füllen der eingegrabenen Töpfe ermöglichte, brachte keine Arbeitserleichterung. Ein am Spund des Faßbodens angebrachter Hahn mit Schlauch zur direkten Füllung der am Boden befindlichen Töpfe (Leistung: 10 Lt. in 2,3 Minuten), ebenso aber Ablassen des Öls mit einem gewöhnlichen Faßhahn ohne Schlauch (Leistung: (10 Liter in 1,5 Minuten) erwiesen sich unzweckmäßig. Am raschesten (10 Liter in 0,85 Minuten) gelang das Füllen durch ***breitseitiges Kippen*** des Fasses (Abb. 10). Vorteilhaft und bequemer ist es, das Heizöl vom Faß zunächst in gewöhnliche Kübel laufen zu lassen, um gleichzeitig auch die Töpfe der Reihen links und rechts (insg. 3 Reihen) zu füllen. Der Arbeitsaufwand für 1 Hektar (320 Töpfe) betrug 3 Mann +

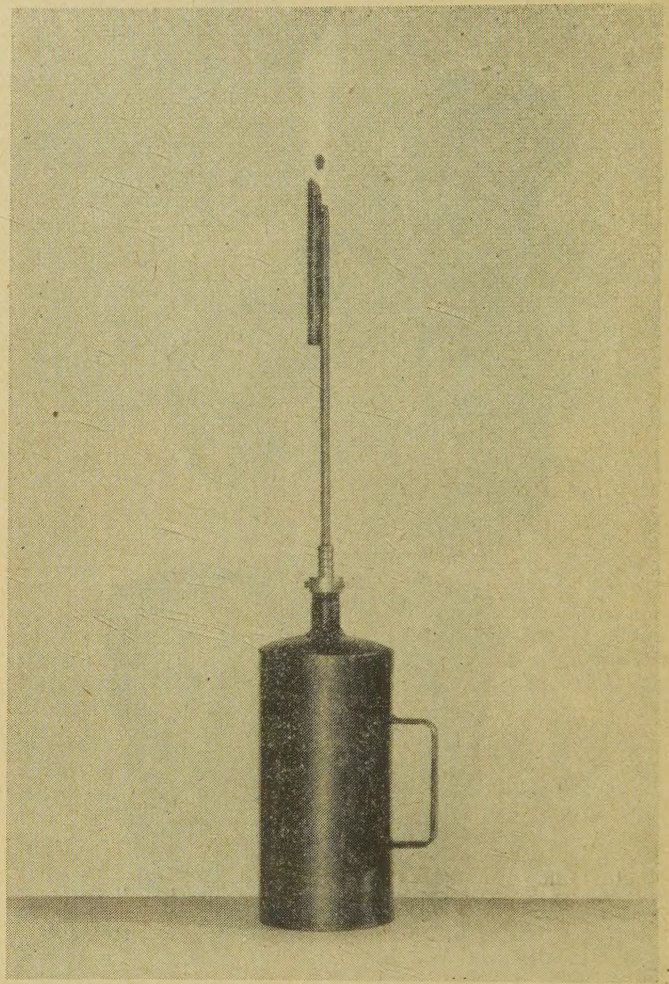


Abb. 11: Anzündekanne

Traktorführer während 4,9 Stunden, d. s. 19,6 Arbeitsstunden. Bei einiger Übung mag sicherlich auch mit 16 Arbeitsstunden das Auslangen zu finden sein. Aufstellung und Füllung der Töpfe zusammen, erfordern somit einen Arbeitsbedarf von 26—30 Arbeitsstunden/Hektar.

Nach langem, vergeblichem Warten auf Frost wurden die Töpfe endlich in der Nacht vom 17. 5. zum 18. 5. gezündet. Am Abend hatte der Himmel nach kurzen Regenschauern rasch aufgeklart, und bei abflauenden Winden waren Temperaturen zumindest nahe dem Gefrierpunkt zu erwarten. Leider hatte die Abkühlung bereits bald nach Mitternacht ihren Tiefststand erreicht (Minimumtemperaturen um + 4 Grad C); unter dem Einfluß leichter Winde stieg

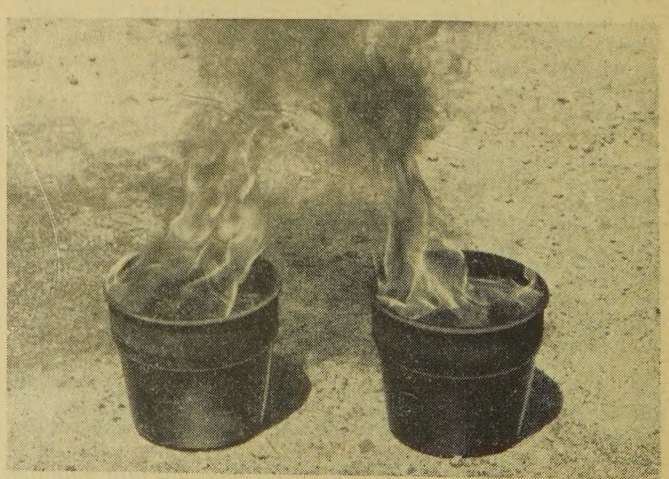
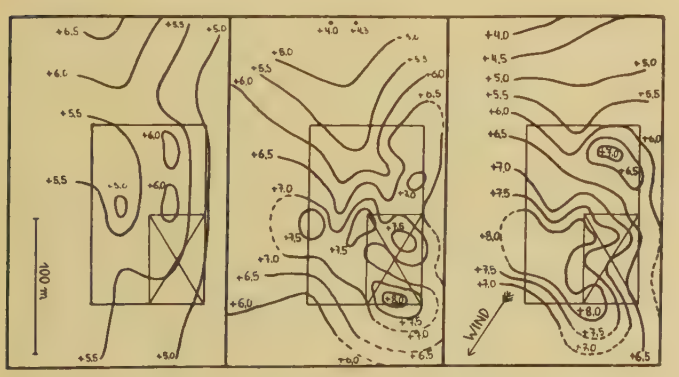


Abb. 12: 5,5-l-Riess-Töpfe, brennend

die Temperatur in der Folge wieder an und verhielt sich je nach Windeinfluß zeitweise steigend, zeitweise fallend. Der Himmel war während der ganzen Nacht heiter. Um den Versuch nicht gänzlich ergebnislos beenden zu müssen, wurde um 3 Uhr 40 bei einer durchschnittlichen Temperatur von + 5,5 Grad C mit dem *Zünden* der Töpfe begonnen. Nur *jeder zweite* der aufgestellten Töpfe wurde gezündet. Das Anzünden besorgten 3 Mann mit Zündkannen (Abb. 11), deren Füllung aus einem Benzin-Dieselöl-Gemisch 2 : 1 bestand. Ein Mann benötigt zu 100 Töpfen etwa 40 Minuten. Beim Zünden der Öfen mit diesen Zündkannen ist darauf zu achten, daß die brennende Zündflüssigkeit um den Rand des Topfes gegossen wird. Das Anbrennen erfolgt dann viel sicherer. Der Versuch, mit einer Lötlampe und Benzin, wie gelegentlich empfohlen wird, das Öl zu entflammen, hat nicht befriedigt. Zumindest wurde die gebrauchte Type durch Wind und Luftzug häufig ausgelöscht. Fackeln, in Verbindung mit einer kleinen Benzinflasche sind dagegen bestens geeignet. Um Explosionsgefahren durch gleichzeitige Handhabung von Fackel und Benzinflasche vorzubeugen, ist es ratsam, 2 Arbeitskräfte zu verwenden! Am wenigsten Mühe schaffen aber die schon erwähnten Zündkannen (Preis etwa S 100,—).

Die *Temperaturen* wurden während der ganzen Nacht mittels Minimumthermometer, die in 1,50 m Höhe oberi dem Erdboden an Holzgestellen montiert und an 40 Stellen in der Plantage verteilt waren, registriert. Die maximale Heizwirkung betrug, wie Abb. 13 zeigt, *etwa 2 Grad C*, die durchschnittliche Wirkung *ca. 1,5 Grad C*. Zu beachten ist, *daß nur die Hälfte der Heiztöpfe in Brand gesetzt worden war*, d. s. 196 Töpfe/1,23 Hektar *bzw. 160 Töpfe/Hektar*, und daß während des Heizens stets leichter Wind (ca. 5—10 km/h) aus westlicher Richtung die von den Töpfen erzeugte Wärme in mächtigen Rauchschwaden mit sich fortführte. Die während des Heizens verbrauchte Ölmenge betrug schätzungsweise 190 kg pro Hektar und Stunde und liegt wegen der geringen Anzahl der gezündeten Öfen unter dem gebräuchlichen Normalwert von 200—300 Liter/Hektar und Stunde. Es ist daher anzunehmen, daß die Schutzwirkung der Riess-Töpfe bei einer Ofendichte von 300 Stück/ha im Durchschnitt zumindestens mit *etwa 3 Grad C* zu beziffern ist. Genaue Ergebnisse werden hoffentlich von den im nächsten Jahr fortzusetzenden Versuchen zu erwarten sein. Das Löschen der Töpfe durch Abdämpfen der Flammen mit dem Topfdeckel wurde um 4 Uhr 50 begonnen. Unsere Hoffnung, doch noch eine Frostnacht zur Fortsetzung der Versuche abzuwarten, erwies sich als trügerisch. Die Töpfe wurden schließlich Mitte Juni abgeräumt. Zum *Abräumen* diente wieder der bereits erwähnte Traktor mit Anhänge-Karren. Das Heizöl wurde durch einen Trichter direkt in die Fässer zurückgeleert (Abb. 14); zuletzt wurden die Töpfe eingesammelt. Der Arbeitsaufwand beim Rückleeren des Öls und beim Einsammeln der Töpfe betrug ca. 2,5 Mann + Traktorführer während 7 Stunden bei einer Fläche von 1,23 Hektar. Umgerechnet auf 1 Hektar ergibt dies 20 Arbeitsstunden. Der Gesamt-Arbeitsbedarf zum Aufstellen, Füllen, Rückfüllen und Wiedereinsammeln der Heiztöpfe beläuft sich somit auf ca. 46—50 Arbeitsstunden pro Hektar. Nicht eingerechnet ist die Arbeitszeit für *Transport*, Reinigung und Aufbewahrung der Töpfe.



2 Uhr 30 bis 3 Uhr, unbeheizt | 4 Uhr 15 bis 4 Uhr 35, beheizt | 4 Uhr 30 bis 5 Uhr, beheizt

Abb. 13: Temperaturverteilung (Grad C) in einem Ausschnitt der Obstplantage Fiegl, Neustift bei Krems, in der Versuchsnacht vom 18. 5. 1958. Das mit 149 5-Liter-Riess-Töpfen und mit 47 10-Liter-Riess-Töpfen beheizte Gebiet ist durch ein Rechteck gekennzeichnet (10-Liter-Riess-Töpfe im kleinen Rechteck mit den Diagonalen).
Die tieferen Temperaturen (4 Grad C) im oberen Teil (SW) des eingezeichneten Gebietes sind durch leichten Geländeabfall bedingt. Das beheizte Gebiet liegt, abgesehen von kleineren Mulden, nahezu eben. Die maximale Heizwirkung (Temperaturdifferenz gegen den Rand des beheizten Gebietes) ist mit etwa 2 Grad C zu beziffern.

Abb. 14: Rückleeren des Öls

Wenngleich zum gegenwärtigen Zeitpunkt ein abschließendes Urteil über die Riess-Heiztöpfe *noch nicht* abgegeben werden kann, so sprechen die bisherigen Ergebnisse und Erfahrungen dafür, daß diese Heiztöpfe die gestellten Erwartungen weitgehend erfüllen. Die theoretisch zu erwartende stärkere Heizwirkung der größeren 10-Lt.-Type ist aus der Temperaturverteilung in den Abb. 13 (Rechteck mit Diagonalen) wohl wegen Einfluß des Windes nicht zu ersehen. An besonders *kältegefährdeten* Punkten, ebenso an den windseitigen Rändern oder bei erfahrungsmäßig häufigem Windfrost erscheint uns die Verwendung der 10-Liter-Topftype wegen ihrer höheren Heizleistung zweckmäßig zu sein. In allen anderen Fällen — und das sind die häufigsten — wird mit den kleineren 5-Lt.-Töpfen ein Auslangen zu finden sein. Ein einziger Nachteil scheint unserer Meinung den Töpfen anzuhaften: die verhältnismäßig *kurze Brenndauer* (je nach Wind und Ölsorte 4—6 Stunden; siehe Tabelle 3)! Eine Brenndauer von 6—8 Stunden wäre wünschenswerter, um auch Frösten, die bereits vor Mitternacht beginnen, gewachsen zu sein. Weitere Versuche sollen zeigen, ob dieses Ziel durch eine Umkonstruktion der Töpfe oder durch Aufsetzen von Dämpfungsblechen auf die 10 Liter fassenden Töpfe in zweckmäßiger Weise zu erreichen ist. Wie nachfolgende Kostenaufstellung zeigt, belaufen sich die jährlichen Kosten einer Geländeheizung mit Riess-Töpfen (Heizöl Leicht) pro Hektar auf etwa S 3600,—. Wesentliche Voraussetzung ist dabei, daß durchschnittlich nur *während einer einzigen Frostnacht* im Jahr geheizt wird! Die Lebensdauer von Heizgefäßen wird bei sorgsamer Pflege mit 20 Jahren beziffert. Die Anschaffungskosten betragen pro Hektar ca. S 8000,—. Die angegebenen Zahlen vermitteln freilich nur einen allgemeinen Überblick. Genaue Kalkulationen können nur unter Kenntnis der *örtlichen Frosthäufigkeit* und -stärke sowie der besonderen betriebswirtschaftlichen Verhältnisse gestellt werden.

1. Anschaffungskosten pro Hektar	S
300 Riess-Töpfe pro Hektar (kleine Type) à S 25,40	7620,—
Thermometer, 3 Anzündekannen à S 100,—, Kanister, Kübel und diverses	500,—
Insgesamt	*8120,*

2. Jährliche Kosten pro Hektar (1 Frostnacht):	S
Amortisation (5 Prozent) + Verzinsung (5 Prozent) = 10 Prozent von S 8120,—	812,—
Heizung: 1 Nacht (5—6 Stunden) mit 5 kg Öl/Topf = 1500 kg Öl à S 1,14 pro Hektar	1710,—
5 Prozent Ölschwund jährlich	85,—
Aufstellung, Füllen, Wartung, Abräumen, Transport, Aufbewahrung	ca. 1000,—
Insgesamt	*ca. 3607,—*

2,35) Frostschutz durch Beregnung

Der Schutz frostgefährdeter Pflanzen durch Beregnen gilt derzeit als wirksamstes Verfahren und ermöglicht es, selbst starke Fröste noch wirkungsvoll abzuwehren. So paradox es auch klingen mag, die Beregnung wirkt wie eine Beheizung, denn beim Erstarren des Wassers zu Eis werden 80 Kilokalorien je Liter Wasser frei, die den Pflanzen zugute kommen können. Diese *Erstarrungswärme* bewirkt, daß reines Wasser, *solange es gefriert,* eine Temperatur von 0 Grad C besitzt. Erst wenn alles Wasser zu Eis erstarrt ist, gleicht sich dessen Temperatur an die herrschende Außentemperatur an. Bei der Beregnung umzieht daher allmählich ein geschlossener Eispanzer die empfindlichen Blüten, Früchte und grünen Pflanzenteile, deren Temperatur sich auch bei sinkender Lufttemperatur um — 0,5 Grad C und nur bei sehr starken Frösten bis knapp — 1 Grad C hält. Diese Temperaturen werden in der Regel ohne Schaden ertragen. Zu betonen ist, daß nicht der Eispanzer als gleichsam wärmeisolierende Decke die Pflanzen schützt, sondern die *Erstarrungswärme* des gefrierenden Wassers. Die Schutzwirkung hält daher nur so lange an, als Wasser zum Gefrieren an den grünen Pflanzenteilen vorhanden ist, d. h. solange der Eispanzer ständig angefeuchtet wird. Wenngleich die Methode der Frostberegnung einfach erscheinen mag, die praktische Durchführung erfordert Erfahrung und Sorgfalt. Betriebsstörungen der Beregnungsanlagen, wie Verstopfung der Regnerdüsen, Ausfall der Pumpen oder des Motors, sind gefürchtete Ereignisse, da bei Unterbrechung der Beregnung durch *Verdunstung* des Wassers den Pflanzen außerordentlich viel Wärme entzogen wird. Ein Liter verdunstendes Wasser entzieht 607 Kilokalorien Wärme. Unterbrechungen der Beregnung führen daher meist zum Erfrieren der Pflanzen. Größte Sorgfalt ist daher der Wartung und Pflege vor allem der Motoren und Pumpen zu widmen! Das Risiko, behelfsmäßige Anlagen zu verwenden, ist viel zu groß.

Als Regnertypen kommen nur *Langsamregner* mit einer *Niederschlagsmenge* von 2—3 mm pro Stunde in Frage. Bei sehr starken Frösten können auch größere Wassermengen erforderlich werden, doch besteht dann bei längerer Regendauer die Gefahr einer Bodenverschlämmung. Der *Wasserdruck* beträgt mindest 3,5, meist 4,5 atü, die *Düsenweite* etwa 4—4,5 mm. Die *Umdrehungsgeschwindigkeit* eines Regners (ca. 1—2 Minuten) soll 2 Minuten nicht übersteigen. Die *Wurfweite* beträgt bei bewährten Regnern maximal 16 m; die *Aufstellung* erfolgt im Dreiecksverband in etwa 24 m Abstand.

Das Beregnungsverfahren übertrifft an Wirkung alle anderen Frostschutzmethoden. Empfindliche Pflanzen, wie Bohnen und Tomaten, konnten bei Frösten von — 7 Grad C geschützt werden. Tabak und Chrysanthemen überstanden sogar Bodentemperaturen bis zu — 12 Grad C. Bei Windfrösten ist infolge gesteigerter Verdunstung der Schutzeffekt wesentlich geringer. Bei starken trockenen Winden mit mehreren Sekundenmetern Geschwindigkeit ist die Beregnung nahezu unwirksam, zuweilen sogar schädlich. Windfröste sind aber glücklicherweise selten.

Die Rentabilität und Instalierungsmöglichkeit einer Beregnungsanlage hängt nicht nur von der Kapitallage und den betriebswirtschaftlichen Verhältnissen, sondern auch von der mittleren zu erwartenden Frosthäufigkeit und -stärke und entscheidend von den örtlichen Wasservorkommen ab. In Südtirol stehen derzeit etwa 2000 Hektar Frostberegnungsanlagen einsatzbereit.

2,36) Frostschutz durch physiologische Beeinflussung der Kälteresistenz

Einigermaßen sensationell scheinen die in letzter Zeit von der Fachpresse angeführten Meldungen zu sein, die über Frostresistenzerhöhungen durch *Borspritzungen* berichten. Die Arbeiten hierüber befinden sich zwar vorerst noch im Versuchsstadium, doch bezeugen die bis jetzt bekanntgewordenen Versuchsergebnisse eindeutig die Schutzwirkung des *Bors*. So konnte der Laibacher Forstingenieur *V. Beltram* durch Spritzungen mit *0,5prozentiger Borax-Lösung* die verschiedensten Pflanzen vor Frostschäden bewahren. Eine Wirkung ist bereits 12 Stunden nach der Spritzung feststellbar, doch nur, wenn bei Temperaturen über + 8 Grad C gespritzt worden war. Aus Innsbruck berichtet *Dr. H. M. Schiechtl* über einen Versuch mit jungen Eschenpflanzen, die durch Boraxspritzungen Frosttemperaturen von — 6 Grad C ertrugen, während alle unbehandelten Pflänzchen dem Frost zum Opfer fielen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es allerdings noch verfrüht, allgemein Spritzungen mit Borax als Frostschutzmaßnahme zu empfehlen, da vorerst zu klären ist, ob wiederholte Borspritzungen von den Pflanzen schadlos ertragen werden können.

2,37) Rückblick

Nach erfolgter Aufzählung der zahlreichen, mehr oder minder gebräuchlichen Frostschutzmethoden mag wohl die Frage auftauchen, welcher dieser Frostschutzmethoden der Vorzug einzuräumen ist. — Eine schematische Beantwortung dieser Frage ist nicht möglich. In diesem Zusammenhang ist aber immerhin festzustellen, daß mit der Methode des *Räucherns oder Vernebelns* nur *leichte* und mit der Methode der Luftverwirbelung durch *Ventilatoren* nur *leichte bis mittlere* Strahlungsfröste mehr oder weniger zufriedenstellend abgewehrt werden können. Die Methode der *Pflanzenbedeckung* hat sich bei großräumiger Anwendung wenig bewährt; sie mag den Kleingärtnern vorbehalten sein.

Als wirksamere Frostschutzmethoden verbleiben daher Heizung und Beregnung. Grundlegende Bedingung für die Beregnung sind ausreichende und leicht zugängliche Wasservorkommen[1]! In Trockengebieten und Gebieten mit schwieriger Wasserversorgung muß verständlicherweise auf eine Beregnung verzichtet werden. In bezug auf maschinelles Versagen ist die Geländeheizung der Beregnung zweifellos überlegen. Bei Ausfall einiger Öfen wird ein Schaden kaum zu bemerken sein, bei Ausfall eines Regners oder gar einer Pumpe werden dagegen große Flächen betroffen und nicht nur durch die herrschende Frosttemperatur, sondern auch durch die Verdunstungskälte des aufgeregneten Wassers geschädigt. Oberstes Gebot der Beregnung ist daher *einwandfreie Funktion.* Dann aber vermag die Beregnung, deren Betrieb nur *wenig Arbeitskräfte und geringe Betriebskosten* erfordert, sichereren Schutz zu bieten als die Geländeheizung. Bei großen Betrieben fällt der Vorteil der Arbeitskräfte- und Betriebskosten-Einsparung sehr stark ins Gewicht. In kleineren Betrieben spielen dagegen die hohen Anschaffungskosten einer Beregnungsanlage eine nicht zu unterschätzende Rolle. Die gegenwärtige Situation zeigt jedenfalls, daß mit der steigenden Produktion an Qualitätsware sowohl Heizungs- als auch Beregnungsanlagen immer mehr gefragt sind. Beregnung und Heizung haben dabei wohl gleiche Zukunftsaussichten.

Zum Abschluß ist zu erwähnen, daß ähnliche Probleme wie bei der Spätfrostabwehr auch bei der gelegentlich erforderlichen *Frühfrostbekämpfung* im Spätherbst zu gewärtigen sind. Der *Winterfrost* dagegen birgt wieder andere Gefahren und der Schutz davor erfordert eine andere Technik. Nähere Einzelheiten über die Schadwirkung des Frostes im Winter, Ursachen und Abwehrmöglichkeiten werden im Rahmen der laufenden Nummern des Pflanzenarztes veröffentlicht werden.

Das Problem der Hagelabwehr ist für viele Zweige der Pflanzenproduktion von größtem Interesse. Wir haben einen Vertreter der Wissenschaft und einen Praktiker gebeten, ihre Erfahrungen auf dem Gebiet der Hagelabwehr unseren Lesern zu vermitteln.

Neuzeitliche Versuche der Hagelabwehr in Österreich

die im Auftrag und mit Unterstützung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft durchgeführt wurden.

VON DR. WALTHER FRIEDRICH,
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien

Schon seit vielen Jahrhunderten ist die Menschheit bemüht, den Hagel zu bekämpfen. Es ist durchaus verständlich, daß der Bauer nicht untätig zusehen will, wenn der Lohn seiner Arbeit und Mühen innerhalb weniger Minuten vernichtet wird.

[1] Eine 10stündige Beregnung erfordert pro ha eine Wassermenge von 300 000 Litern, entsprechend 3 mm Niederschlag pro Stunde (= 3 l je m²)

Die Methoden der Hagelabwehr richten sich nach den Kenntnissen und Ansichten über die Hagelentstehung. Böse Geister, Dämonen und Hexen, die man sich in früherer Zeit als Ursache von Gewitter und Hagel vorstellte, sollten mit Räucherung, Beschwörungen, Lärmentwicklung und anderen primitiven Mitteln verscheucht werden.

Von diesen Zaubermitteln ist bis zum heutigen Tag der Glaube an die Wirksamkeit der Lärmentwicklung geblieben und hat mit den neueren Erkenntnissen auch geänderte Begründungen erhalten. Das primitive Lärmen mit Deckeln und Hefen ist wohl abgekommen, das Läuten der Kirchenglocken wird aber in manchen Gegenden noch durchgeführt (Wetterläuten) und ist nicht nur durch religiöses Brauchtum, einem Gebet vergleichbar, begründet, sondern die Bauern sind vielfach der Ansicht, daß die Schallwellen imstande wären, die Gewitterwolken zu vertreiben oder sogar aufzulösen.

Mit dem Fortschreiten der technischen Entwicklung wurde das Glockengeläute durch Detonationen von Schwarzpulver, das in Mörsern zur Explosion gebracht wurde, unterstützt, wobei die Schallwellen durch einen Trichter gegen die Wolken gerichtet wurden. Dieses Böllerschießen (Wetterschießen) ist auch heute noch an manchen Stellen des hagelgefährdeten Raumes in Gebrauch, und viele Bauern glauben, nach Abgabe eines oder mehrerer Schüsse eine Auflockerung oder Abwanderung der Gewitterwolke oder ein Aufhören des Hagels deutlich beobachten zu können. Diese Beobachtungen sind wohl manchmal richtig, aber nicht auf den Abschuß des Böllers zurückzuführen.

Im Jahre 1902 berief der damalige Direktor der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Prof. Dr. J. P e r n t e r, eine internationale Konferenz zur Beurteilung der Hagelabwehrmöglichkeit nach Graz ein. In St. Lambrecht (Steiermark) wurden auch Schießversuche unternommen, um die Reichweite der durch Trichter konzentrierten Schallwellen und Druckwellen festzustellen. Als Ergebnis der damaligen Forschung wurde die Zweckmäßigkeit weiterer Schießversuche unter bestimmten Normen und genauen Aufzeichnungen festgestellt, wenn auch von 50 Fachexperten nur 8 an die Wirksamkeit der Böller glaubten, während 37 Herren weder die Wirksamkeit, noch die völlige Unwirksamkeit des Wetterschießens als bewiesen und einen Erfolg für mehr oder weniger zweifelhaft annahmen.

Eine gewisse Möglichkeit einer Wirksamkeit der Schall- und Druckwellen wurde in der Beeinflussung labiler Zustände innerhalb der Gewitterwolke (Übersättigung, Unterkühlung) gesehen, doch war man sich über den Mechanismus einer solchen Wirkung bezüglich der Verhinderung von Hagel nicht klar, und auch heute ist diese Frage nicht restlos geklärt, wenngleich, wie nachstehend berichtet wird, durch experimentelle Beweise gezeigt wurde, daß eine Wirksamkeit der Schallwellen auf größere Entfernung nicht angenommen werden kann. Im gleichen Sinn ist auch die Tatsache zu werten, daß die vielen Explosionen der Fliegerabwehrgeschosse während des zweiten Weltkrieges keine so nachhaltige Wirkung hatten, daß Veränderungen an Wolken allgemein festgestellt werden konnten, wenn von Spezialfällen, die später geschildert werden, abgesehen wird.

Die derzeit in der Steiermark verwendeten Wetterböller werden mit 750 Gramm Schwarzpulver gefüllt. Zur Klärung der Frage, wie weit die Explosionswelle reicht und Arbeit zu leisten imstande ist, wurden entlang eines etwa 25 Grad geneigten Hanges im Abstand von 10, 25, 35, 55 und 65 Meter vom Mörser Zeitungspapierblätter auf dünne Holzrahmen aufgespannt und in 1 m Höhe über dem Erdboden montiert. Der Mörser wurde am unteren Rand des Hanges genau in Richtung auf die Papierflächen justiert und mit 750 g Schwarzpulver geladen. Nach erfolgter Explosion war das erste Papier (10 m) aus dem Rahmen gerissen, aber nicht zerfetzt. Das zweite Papier (25 m) war nur teilweise aus dem Rahmen gerissen, die übrigen Blätter (35 bis 65 m) blieben völlig unbeschädigt. Daraus folgt der berechtigte Schluß: Wenn die Explosionswelle nicht imstande war, ein aufgespanntes, dünnes Zeitungspapier in 35 Meter Entfernung zu beschädigen, wie sollen dann diese Druckwellen über eine Entfernung von 1000 m (Untergrenze der Gewitterwolke) bis 4000 m (Zentrum der Gewitterwolke) auf einen Naturprozeß einwirken können, dessen starke, turbulente Strömungen sogar großen Flugzeugen gefährlich werden können! Es wäre gut, wenn sich die Landwirte von der Sinnlosigkeit des Böllerschießens überzeugen ließen, da immer wieder Verletzte und sogar Todesopfer anläßlich des Wetterschießens zu beklagen sind.

Seit einigen Jahren wird von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, mit Hilfe von Raketen die Sprengkörper unmittelbar in die Gewitterwolken zu verfrachten.

Im Rahmen der von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik durchgeführten und vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (Kommission zum Studium der Hagelabwehr) unterstützten wissenschaftlichen Versuche der Hagelabwehr wurde ein Ford-Combi-Wagen (von der Landeslandwirtschaftskammer in Graz zur Verfügung gestellt) mit drei Abschußbasen für Raketen ausgerüstet, so daß es dem leitenden Meteorologen möglich ist, jeweils unter das Zentrum des Gewitters zu fahren und von dort die Raketen abzuschießen. Die Raketen sind italienischer Herkunft, ihre Steighöhe reicht bis 1000 und bis 1500 m. Lenkbare Abschußrohre, Sprechfunk, transportable Registriergeräte für Niederschlag, Temperatur und Luftfeuchtigkeit und andere Behelfe vervollständigen die Ausrüstung des Einsatzwagens, dessen Wirkungsbereich von Graz über Weiz bis zum Kulm im Osten und bis Wildon im Süden vorgesehen ist, bei Bedarf aber auch beliebig erweitert wird.

Unter gewissen Verhältnissen (es sind dies die vorhin erwähnten Spezialfälle) wurden auffallende Wirkungen der Explosionswellen innerhalb der Wolken beobachtet.

Bei Beschießung kleinerer Haufenwolken (Cumuli) anläßlich technischer Versuche auf der Teichalpe gelang es bisher viermal, eine überraschend schnelle Auflösung der beschossenen Einzelwolke (im Gegensatz zu den stabil bleibenden Nachbarwolken) zu beobachten und diesen Auflösungsprozeß, der rings um die Einschußstelle begann, photographisch festzuhalten. Die Wolkenauflösung erfolgte vermutlich durch Koagulation der kleinen Wassertröpfchen durch die Explosionswelle zu größeren Tropfen und deren Ausfällung. Es wäre denkbar, daß solche Prozesse den Wasserhaushalt einer Gewitterwolke zu stören vermögen und damit das Anwachsen der Hagelkörner beeinträchtigen könnten. Versuche in dieser Richtung müssen fortgesetzt werden, doch wird es schwierig sein, eindeutige Resultate zu erhalten.

Untersuchungen und Überlegungen zeigten, daß zur Bildung großer Hagelkörner eine starke Unterkühlung (bis —20 Grad) in den oberen Gebieten der Gewitterwolke erforderlich ist. Es lag daher nahe, solche Unterkühlungen durch chemische Substanzen (Gefrierkerne) zumindest teilweise zu unterbinden. Von über 100 Substanzen hat sich Silberjodid (AgJ) am geeignetsten erwiesen: es liefert bei —5,2 Grad in sehr feiner Verteilung Gefrierkerne, so daß die Wassertropfen der Wolken gefrieren, ohne stark unterkühlt zu werden. Diese Eisteilchen wachsen rasch an, da die feuchte Atmosphäre über Eis stärker übersättigt ist als über Wasser. Beim Fallen durch die bodennahe, warme Luftschicht werden die wenig unterkühlten Eiskörner eher wieder zu Wassertropfen (Regentropfen) schmelzen als die stark unterkühlten echten Hagelkörner.

Zu diesem Zweck wurde dem Sprengkopf der Raketen Silberjodid beigemischt. Eine große Zahl steirischer Landwirte hatte sich schon 1954 zu einer Hagelabwehrgenossenschaft zusammengeschlossen und nach italienischem Vorbild mit dem Beschuß von Hagelwolken begonnen. Wenn ein Erfolg der Hagelabwehr erfolgen soll, wäre es notwendig, das Silberjodid rechtzeitig, das ist etwa 20 Minuten vor Beginn des Hagels in die Wolken zu bringen, da die Ausbildung der Hagelwolken etwa diese Zeit benötigt. Da die Gewitterwolke in 20 Minuten ihren Standort ungefähr um 10 bis 20 km verlagert, müßte die Abwehr ebensoweit dem Versuchsraum vorgelagert werden und der Abschuß der Raketen müßte von einer meteorologischen Zentrale angeordnet werden. Aus begreiflichen Gründen ist es aber nicht möglich, die Landwirte zu veranlassen, einen beträchtlichen Teil der Kosten des Raketenabschusses (S 200 bis 300 pro Rakete) zu tragen, wenn sich der Erfolg des Beschusses erst in einer Entfernung von 10 bis 20 km, also über fremdem Gebiet auswirkt. Deshalb müßte die ganze Abwehr einschließlich Material und Bedienung aus den für die wissenschaftlichen Versuche zur Verfügung gestellten Geldmitteln bezahlt werden. Da nur ein dichtes Netz von Abschußstationen die Gewähr gibt, jedes Gewitter hinreichend mit AgJ zu impfen, da ferner das Versuchsgebiet von den Abschußstationen kreisförmig eingeschlossen sein und jedes Gewitter vorsorglich beschossen werden müßte, und da end-

lich während der ganzen Gewittersaison die Schützen und leitenden Meteorologen zur Verfügung stehen müßten, wäre dafür ein derart großer finanzieller Aufwand erforderlich, daß an eine Durchführung dieser idealen Versuchsanordnung nicht gedacht werden kann.

Im Gebiet der steirischen Hagelabwehrgenossenschaft schießen die Landwirte nur dann, wenn Hagel unmittelbar bevorsteht, also wenn der Hagelfall schon im Nachbargebiet sichtbar ist, oder wenn der Hagel bereits fällt. Aus den eben angeführten Gründen kann aber unter diesen Bedingungen eine Beendigung des Hagels nach Raketenbeschuß nicht als Erfolg der Abwehr gewertet werden, sondern sie ist mit großer Wahrscheinlichkeit natürlichen Gegebenheiten zuzuschreiben.

In den Jahren 1956 bis 1958 war es der mobilen Abschußstation, die pro Jahr zwei Versuchsperioden von je 14 Tagen im Einsatz steht, oft möglich, Gewitter zu beschießen, aber nur einmal fiel dabei Hagel. Bei dieser Gelegenheit konnte vom leitenden Meteorologen zum erstenmal auch Schneefall anläßlich eines Beschusses einer Gewitterwolke beobachtet werden. Die Schneeflocken kamen bei einer Temperatur von +12 bis +15 Grad am Boden an und waren ohne Zweifel Neubildungen durch die Wirkung des AgJ. Wenn sich solche Neubildungen an unterkühlte, fallende Hagelkörner anlagern, kommt das Hagelkorn mit einer schneematschartigen Umhüllung zum Boden und verursacht keinen Schaden. Ich möchte diese Erscheinung „weichen Hagel" benennen und ihn als einen vermutlichen Erfolg der Abwehr bezeichnen. Im Jahre 1957 wurde in etwa 20 Prozent aller Hagelfälle der weiche Hagel beobachtet.

Von dem möglichen Erfolg durch die Bildung des weichen Hagels abgesehen, wird es sehr schwer sein, einen Erfolg oder Mißerfolg der Hagelabwehr eindeutig zu beweisen.

Wegen der relativ geringen Häufigkeit des Hagels könnte der statistische Nachweis, daß während der Jahre der Hagelbekämpfung weniger Hagel fiel als in anderen Jahren, nur nach einer mindestens 5jährigen Abwehrversuchsperiode geführt werden. Dabei ist aber zu beachten, daß ein schwacher Hagelfall ohne Schadenswirkung ebenso gezählt werden müßte wie schwerer Hagelfall, analog der Vorschrift, leichten Regen und schwache Gewitter ebenso zu werten wie Starkregen und heftige Gewitter. Nun hat man aber bisher dem Hagel meteorologisch nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt und Hagel ohne Schaden wurde häufig nicht notiert. Leichter Hagelfall während der Nacht entzieht sich mit großer Wahrscheinlichkeit der Beobachtung. Zur gleichen Zeit wurden jedoch die Gewitter- und Niederschlagstage genau beobachtet, ausgezählt und in den Veröffentlichungen angeführt.

Legt man nun diese zweifelsohne unzureichenden Beobachtungsunterlagen einer Hagelstatistik zugrunde, ergibt sich im langjährigen Mittel, daß in den gewitter- und hagelreichen Gebieten der Steiermark und Kärntens im Jahr nur 7,3 Prozent und im Sommer sogar nur 6,7 Prozent aller Gewitter Hagel bringen. Daraus folgt, daß selbst, wenn man erfolglos alle Gewitter zur Hagelabwehr beschießen wollte, man schon 93 Prozent „Erfolgstreffer" zählen müßte, wenn jedes beschossene Gewitter beim Ausbleiben des Hagels als „Erfolg" gezählt würde.

Eine statistische Zusammenstellung auf Grund des neuesten Beobachtungsmaterials ergab für die meteorologischen Beobachtungsstationen Graz-Flughafen, Graz-Universität und Weiz im 12jährigen Mittel (1947 bis 1958) eine durchschnittliche Zahl von 35,6 Gewittertagen und nur 1,6 Tagen mit Hagelfall je Ort, somit brachten nur 4,5 Prozent aller Gewitter an diesen Stellen Hagel. Die statistische Verwertung der Hagel*schadens*fälle (Hagelversicherungsanstalt) ergab für die drei Orte eine Hagelhäufigkeit von nur 2,7 Prozent pro Jahr und Ort. Demnach scheint etwa jeder zweite Hagel zu einer Schadensmeldung zu führen.

Ein wesentlich anderes Bild erhält man, wenn die Hagelbeobachtungen nicht nur von den meteorologischen Beobachtern, sondern auch von den am Hagel als größten Bedroher ihrer Existenz interessierten Landwirten, welche sich zur Hagelbekämpfung entschlossen haben, durchgeführt werden.

In den drei Jahren 1956 bis 1958 wurden in neun Orten, die zur Auszählung der Hagelfälle herangezogen wurden, durchschnittlich 4,8 Tage mit Hagelfall pro Jahr und Ort gezählt, das ist das 3- bis 4fache jener Hagelhäufigkeit, die für die Orte im gleichen Gebiet bisher als durchschnittlich angenommen wurde. Die Wahrscheinlichkeit, daß bei Gewittern an bestimmten Orten des Versuchsgebietes Hagel fällt, erhöht sich damit von 4 bis 7 Prozent auf 13,5 Prozent! Diese große Anzahl der Hageltage ist lediglich auf das genauere Beobachten durch die Landwirte und auf die größere Zahl der Beobachter pro Ort zurückzuführen.

Ein Gewitter ist fast ausnahmslos ein großräumiges Ereignis, dessen Höhenerstreckung meist 6000 m übersteigt. Es darf mit gutem Recht angenommen werden, daß ein solches Gewitter von einer meteorologischen Station in 15 bis 20 km Umkreis notiert wird. Außerdem zieht das Gewitter in den meisten Fällen über ein Gebiet hinweg und wird auch dadurch in einem größeren Raum beobachtet und notiert. Wenn die Zählung der Gewittertage nicht für einen einzelnen Ort, sondern etwa für das Gebiet Graz—Weiz (ca. 200 km²) vorgenommen wird, so erhöht sich die Häufigkeit der Gewittertage von 35 auf 40 pro Jahr.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bezüglich der Zählung der Hageltage: Einer Anzahl von 4,8 Hageltagen pro Jahr für einen bestimmten *Ort* entspricht, wie die Auszählungen ergaben, eine Zahl von 15,3 Tagen mit Hagel pro Jahr für das *Gebiet* Graz—Weiz! Wenn man demnach von der Auszählung für einen Ort auf die Betrachtung eines Gebietes übergeht, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, daß ein Gewitter Hagel bringt, auf 38 Prozent! In den drei Jahren 1956 bis 1958 brachten 117 Tage mit Gewitter dem Raum Graz—Weiz 46 Tage mit Hagel, die meist nur schwach waren und erfreulicherweise keinen großen Schaden verursachten. Immerhin zeigen diese Zahlen, daß das Interesse der Landwirte an dem Versuch der Hagelabwehr durchaus berechtigt ist.

Andererseits zeigen die hier auf verschiedener Basis angestellten Betrachtungen mit ihren sehr unterschiedlichen Resultaten, daß ein statistischer Nachweis über Erfolg oder Mißerfolg der Hagelbekämpfung nur sehr schwierig zu führen sein wird.

Eine weitere Möglichkeit der Beweisführung wird das statistische Material der Hagelversicherung ergeben, wobei ein Vergleich der Schadenssummen in jenen Jahren, in denen die Hagelbekämpfung durchgeführt wurde, mit jenen aus der Zeit vor der Bekämpfung verglichen werden. Dabei wird jedoch die Anzahl der Versicherten, die Höhe der Prämien (versicherte Werte) nebst der Gewitterhäufigkeit und der Größe des verglichenen Raumes zu berücksichtigen und in Rechnung zu stellen sein.

Ebenfalls im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft wurde im Sommer 1958 ein Versuch mit Silberjodid-Bodengeneratoren begonnen, wobei als Versuchsgebiet der Raum Feldkirchen—St. Urban am Nordrand des Klagenfurter Beckens wegen seiner großen Hagelhäufigkeit und der günstigen geographischen Lage gewählt wurde. Acht Bodengeneratoren wurden auf dem Sektor Südwest bis Nord auf zwei Abwehrzonen verteilt, wobei die innere Zone 8 bis 12 km, die äußere 20 bis 30 km vom Raum Feldkirchen entfernt ist. Die Generatoren wurden durchwegs auf höher gelegenen, meist exponierten Punkten aufgestellt. Die fernmündliche Erreichbarkeit der Bedienungsmannschaft war bei der Auswahl Bedingung.

Zur Erleichterung der Handhabung wurden die Bodengeneratoren so konstruiert, daß Brenner, Gasflaschen und Pulsationsgerät mit fixen Anschlüssen auf einem Handwagen montiert wurden und auf die Verwendung elektrischen Stromes zur Steuerung der Pulsation verzichtet wurde. Zur weitgehenden Vermeidung einer Brandgefahr ist das gesamte Gerät auch während des Betriebs absperrbar.

Der Befehl zum Einsatz der Bodengeneratoren wird von dem Meteorologen der Wetterwarte Klagenfurt telephonisch einige Stunden vor der erwarteten Gewitterfront übermittelt. Wegen der stark schwankenden Hagelhäufigkeit wird auch im Raum Kärnten ein Urteil über die Wirksamkeit der Silberjodid-Bodengeneratoren frühestens nach Ablauf von 5 Jahren möglich sein. Alle Versuche werden weiter fortgeführt. Dabei werden die jeweils neu gewonnenen Erfahrungen berücksichtigt werden.

Es ist sehr erfreulich, daß die österreichische Wissenschaft dank dem Interesse und der Unterstützung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft die Möglichkeit hat, ausgedehnte Versuche und Forschungen zu betreiben, um das Problem der Hagelabwehr einer Lösung näher zu bringen, eine Arbeit, die letzten Endes der Landwirtschaft wieder zugute kommen wird.

Bericht zur Hagelabwehr 1957

VON DIPL.-ING. ROMAN SCHOBER,
Leiter der Landeskursstätte für
Obst-, Wein- und Gartenbau,
Langenlois

Nach dem Erfolg der Hagelabwehr mit Raketen im Jahre 1956, (siehe Bericht 1956), wurde im Bezirk Langenlois die Hagelabwehr auf die Gemeinden Gobelsburg mit 5, Mollands mit 3, Schönberg mit 8 und Zöbing mit 6 Abschußhütten ausgedehnt. Es sind daher im Bezirk Langenlois dzt. *41* Abschußhütten, die im Durchschnitt mit mindestens 2 geprüften Abschußmännern besetzt sind. Bei Aufstellung der Hütten wurde getrachtet, im Haupteinzugsgebiet der Gewitter die Abschußhütten 500—700 m voneinander entfernt aufzustellen. Im heurigen Jahr wurden neben Raketen mit 1000 m Steighöhe, solche mit 1500 m Steighöhe eingesetzt, da es sich im Vorjahr gezeigt hat, daß je nach Ausdehnung und Mächtigkeit des Gewitters, Intensität des Sturmes sowie der Höhenzüge, mit 1000er-Raketen nicht immer das Auslangen gefunden werden kann. Bei 1500er-Raketen hängt die Erreichung der Steighöhe nicht allein von der Treibrakete, sondern auch vom Leitstab ab, weil er in größeren Höhen viel mehr der Dreh- bzw. Druckwirkung des Sturmes ausgesetzt ist. Ein abgebrochener Leitstab läßt die Rakete vor der Explosion wieder im Bogen zur Erdnähe zurückkehren — sie bleibt also ohne Wirkung und könnte in Erdnähe Schaden anrichten. Ferner hat es sich in Italien erwiesen, daß man mit den billigeren Sprengraketen ohne *Silberjodid* nicht dieselben Erfolge erzielen kann. Klargeworden ist heuer ebenso, daß ein Erfolg nur dann eintreffen kann, wenn ein geschlossenes Abwehrgebiet vorhanden ist, die Abwehrstellen rechtzeitig besetzt werden und genügend Raketen vorhanden sind. Wir müssen daher in Zukunft in jeder Abschußhütte, die selbstverständlich wasserdicht sein muß, 5 Stück 1000-m- und 5 Stück 1500-m-Raketen einlagern. Nach Abschuß von Raketen ist die Fehlmenge sofort wieder zu ersetzen.

Bei der heurigen Hagelabwehr (in Langenlois 3mal, Schönberg 2mal, Zöbing und Mollands 1mal) hat es sich wieder gezeigt, daß die Praxis allein in Zukunft ohne wissenschaftliche Unterstützung nicht auskommen kann. Es sind nicht nur die hagelführenden Gewitter zu erforschen, sondern auch die Hagelbildung, die höchstwahrscheinlich von der Temperatur und der Windrichtung bzw. Windstärke abhängig sein dürfte. Schließlich ist noch die Mächtigkeit der Gewitterwolke für die Abwehr wichtig, weil sich ja darnach die notwendigen Mengen an Silberjodid richten. Es hat sich bei den zweijährigen Abwehrversuchen gezeigt, daß eine Abschußbasis 40—50 Hektar schützen kann, wobei es natürlich auf den richtigen Einsatz der Nebenstellen ankommt. Ebenso wichtig ist, besonders bei schweren Gewittern, daß von jeder Abschußhütte womöglich 2 Raketen rasch hintereinander abgeschossen werden. Notwendig sind vor allem genaue Aufzeichnungen über das Haupteinzugsgebiet der schweren Gewitter bzw. der Hagelgewitter, wobei in erster Linie die Höhe der Gewitter so genau wie möglich festzustellen ist. Wenn wir praktisch zuerst mit einer 1000er-Rakete schießen, um damit beiläufig die Höhe der Wolkendecke festzustellen, so wird die Arbeit der Abwehr erleichtert, wenn schon vor dem Schießen Anhaltspunkte für die Höhe gegeben wären. Es ist auch durch Versuche genau festzustellen, ob es genügt, wenn die Raketen unterhalb der Wolken explodieren und die Aufwinde das Silberjodid durch die mit Feuchtigkeit geschwängerten Wolken tragen, oder ob es doch notwendig ist, daß die Raketen direkt in den Wolken explodieren. Es kann aber auch sein, daß die beste Wirkung erzielt wird, wenn das Silberjodid auf die Wolken herabrieselt und dadurch vielleicht eine größere Wirkungsbreite hat bzw. doch leichter in einen Aufwindkanal gerissen wird. Weitere Versuche wären mit Raketen notwendig, die eine weitere Streuwirkung haben, damit das Silberjodid rasch in weite Räume gestreut wird. Es ist aber wichtig, daß der Preis der Raketen auf keinen Fall höher werden darf. Für einige Gebiete werden eventuell Raketen mit über 1500 m Steighöhe notwendig sein, weil höhere Gebirgszüge die Wolkenhöhe bestimmen und die Täler dann oft mehr als 1500 m tiefer liegen.

Die praktische Abwehr trat in *Langenlois* am 24. Mai mit 3, am 7. Juni mit 18 und am 2. Juli mit 6 Abschußstellen;
in Schönberg am 7. Juni mit 2 und am 2. Juli mit 6 Abschußstellen;
in Zöbing am 2. Juli mit 5 Abschußstellen und
in Mollands am 2. Juli mit 3 Abschußstellen in Tätigkeit.

Am *24. Mai* handelte es sich um ein kleines Lokalgewitter, welches von Westen kam und nur von 14 Uhr 45 bis 15 Uhr dauerte. Es fiel trockener Hagel (ohne Regen) mittelgroß. 4 Stück 1000er- und 3 Stück 1500er-Raketen wurden von 3 Stellen abgeschossen, von denen 2 unter und 5 in den Wolken explodierten. 2 Stellen meldeten Übergang des Hagels in Matsch und nach ca. ½ Stunde wurde derselbe zu Regen; 1 Stelle meldete sofortigen Übergang in Regen, Aufreißen der Wolkendecke mit nachfolgender Aufheiterung. Schaden durch Hagel war kein nennenswerter eingetreten. Am *6. Juni* war in Langenlois ein ausgedehntes Frontgewitter, das von Nordwesten gegen Südosten zog. Dauer von 16 Uhr bis 16 Uhr 40. Hagel fiel mittelstark bis stark — grob — sehr grob, zum Teil trocken und zum Teil mit Regen gemischt. Rund ⅔ der Raketen explodierten in den Wolken. 38 Stück 1000er- und 25 Stück 1500er-Raketen wurden von 18 Stellen abgeschossen. 7 Abschußstellen meldeten sofortigen Übergang in Schneematsch von ca. 1 Minute Dauer, dann Übergang in Regen; die übrigen sofortigen Übergang in Regen. Bei 3 Stellen kam nach ca. 10 Minuten erneut Hagel, und nach der zweiten Rakete fielen sehr schwere Regentropfen.

Trotz schwerem Sturm hielten die Raketen beim Aufstieg die Richtung ein.

Die Hagelschäden betrugen ca. 3 Prozent.

In *Schönberg* war es ein Lokalgewitter und fielen am äußersten Rand vereinzelt Hagelkörner, so daß 2 Stellen 3 Stück 1000er-Raketen abgeschossen hatten. Der Hagel hörte sofort auf und ging in Regen über.

Am 2. Juli war ein Kamptalgewitter, welches sich vom nördlichen Langenlois bis über Schönberg erstreckte und von 11 Uhr 45 bis 12 Uhr 30 dauerte.

In *Langenlois* haben 6 Stellen 8 Stück 1000er- und 12 Stück 1500er-Raketen abgeschossen. Der Hagel fiel schwach—mittel, fein—grob. Fast überall war der Hagel mit Regen gemischt und ging überall in Regen über. Die Wolkendecke war durchschnittlich höher als sonst. Es waren keine besonderen Hagelschäden.

In *Zöbing* haben alle 5 Abschußstellen 21 Stück 1000er- und 17 Stück 1500er-Raketen abgeschossen. Hagel fiel trocken und meist grob. 2 Stellen meldeten Matsch und nach 1—2 Minuten Übergang in Regen. 3 Stellen meldeten nach ca. 12 Minuten erneut Hagel, der nach dem Abschuß weiterer Raketen sofort in Regen überging. Die Hagelschäden waren in Zöbing geringfügig. Angrenzend gegen die Ortschaft Schönberg/Neustift, die keine Abschußstellen besitzt, betrug der Hagelschaden 30—40 Prozent.

Schönberg. 6 Abschußstellen schossen 19 Stück 1000er- und 2 Stück 1500er-Raketen ab. Der Hagel war schwach—mittel, fein—grob, teils mit Regen gemischt. 2 Stellen meldeten Matsch und dann erst Übergang in Regen. Kein Hagelschaden.

Mollands. 3 Stellen haben 12 Stück 1000er- und 3 Stück 1500er-Raketen abgeschossen. Hagel schwach, sehr grob, mit wenig Regen vermischt, Hagel hörte auf und ging überall in Regen über.

Aus den Abschußmeldungen ergibt sich:

1. Die Abschußzeiten der einzelnen Hütten liegen nur um einige Minuten auseinander, was auf die große Ausdehnung der Gewitter bzw. starken Sturm zurückgeführt werden kann.

2. Trotzdem wurden
   105 Stück 1000er-Raketen
   und 62 Stück 1500er-Raketen
   = 167 Raketen insgesamt abgeschossen.
   Davon wurde die Explosion wie folgt beobachtet:
   114 in den Wolken explodiert
   37 unter den Wolken explodiert
   5 nicht explodiert
   9 wurden nicht beobachtet

3. Den Abschuß bei trockenem Hagel meldeten 14 Stellen
   Den Abschuß bei Hagel mit Regen meldeten 24 Stellen

Den Abschuß bei Regen allein meldeten 4 Stellen
Keine Meldung machten 2 Stellen

4. Sofortiges Aufhören des Hagels meldeten 28 Abschußstellen
Späteres Aufhören des Hagels meldeten 10 Abschußstellen
Nochmaliges Einsetzen des Hagels meldeten 6 Abschußstellen

5. Übergang des Hagels in Schneematsch meldeten 13 Stellen
Übergang des Hagels sofort in Regen meldeten 31 Abschußstellen

6. Zugrichtung der Gewitter von Westen (SW + NW) meldeten 36 Stellen
Zugrichtung der Gewitter von Osten meldeten 5 Stellen
Keine Meldung machten 3 Stellen

7. Farbe der Wolken beim Abschuß:
dunkelgrau bis schwarz 25 Abschußstellen
grau bis weiß 14 Abschußstellen
rötlich 3 Abschußstellen
keine Meldung 2 Abschußstellen

8. Wolkendecke nach dem Abschuß:
Keine besondere Änderung 26 Stellen
Auflockerung 12 Stellen
Farbänderung 4 Stellen
Keine Meldung 2 Stellen

Ergebnis der Hagelabwehr 1957 im Bezirk Langenlois, N.-Ö.

Nach den Abschußmeldungen, Berichten und Besichtigungen kann festgestellt werden, daß die Abwehr soweit ein Erfolg war, weil die entstandenen Schäden sich nur um 2 bis 3 Prozent bewegten. Diesen Schaden können wir derzeit nicht vermeiden (auch wenn er etwas höher wäre), weil die Abschießer vorläufig noch die Weisung haben, die Raketen erst abzuschießen, bis der erste Hagel fällt. In späteren Jahren, wenn die Abschießer bereits mehr Übung haben in der Gewitterbeobachtung, kann schon vor Hagelfall abgeschossen werden. Es ist von der Wirkung der Hagelabwehr nicht nur der kleine Kreis der ehrenamtlichen Abschießer überzeugt, sondern der größte Teil der hiesigen Bevölkerung. Daß es auch Skeptiker gibt, liegt in der Natur der neuen Sache bzw. in der Gegnerschaft der Versicherungsanstalten. Es muß auch festgehalten werden, daß ein Teil der Abschießer bei den ersten Abwehraktionen nervös ist und daher eher zu viel Raketen abgeschossen werden, als notwendig sind. Dieser Fehler wird aber mit jedem Einsatz kleiner, und ist ein kleiner Fehler besser als keine oder verspätete Abwehr.

Die Hauptschwierigkeiten einer umfassenden Hagelabwehr bzw. Versuche auf breiterer Basis scheitern an den finanziellen Mitteln. Der bereits gegründeten Weinbauförderungsgenossenschaft (Hagelabwehrgenossenschaft) stehen dzt. noch keine finanziellen Mittel zur Verfügung, so daß im kommenden Jahr unter diesen Umständen die Hagelabwehr eingestellt werden muß.

Es haben sich zwar im heurigen Jahr im Bezirk Kirchberg/Wagram, durch besondere Einflußnahme des Herrn Landesrates Ök.-Rat Waltner, die Gemeinden Feuersbrunn, Fels/Wagram, Gösing, Kirchberg, Unterstockstall, Königsbrunn, Gr.-Weikersdorf, Wagram, Riedenthal, Rupperstal und Neudegg mit insgesamt 38 Abschußstellen angeschlossen. Eine Abwehr war heuer nicht notwendig. Die Bezirke Herzogenburg, Ravelsbach und Spitz interessieren sich ebenfalls für die Hagelabwehr mit Raketen.

Nach dem Bericht des „N.-Ö. Bauernbündlers" wurden im heurigen Jahr durch die Hagelversicherung 54 Millionen Schilling für Hagelschäden ausbezahlt. Mit diesem Betrag wurde kaum 1/4 des durch Hagel entstandenen Schadens gedeckt. Mit 54 Millionen Schilling könnten 270.000 Raketen gekauft werden. Bei Schutz von *40 Hektar je Rakete*, könnten 10,800.000 Hektar geschützt werden. Österreich besitzt ca. 4 Millionen Hektar land- und forstwirtschaftliche Kulturfläche, und davon sind höchstens 1 Million Hektar zu schützen. Mit 54 Millionen Schilling könnten daher je Abschußstelle jährlich *ca. 10 Raketen* abgeschossen werden. Nun ist in Österreich nicht jährlich jedes hagelgefährdete Gebiet von dieser 1 Million Hektar gefährdet, so daß mit 54 Millionen Schilling tatsächlich jedes Jahr jedes gefährdete Gebiet restlos geschützt werden könnte. Da bei richtiger Hagelabwehr mit höchstens 5—10 Prozent Schaden zu rechnen ist (langjährige Beobachtung in Italien und Südtirol), die Hagelversicherung bis 10 Prozent Schaden nicht ausbezahlt bzw. bei jedem (auch bei 100 Prozent) Schaden 10 Prozent abzieht, so tritt bei Raketeneinsatz nie effektiver Schaden ein. Beschädigte bzw. vernichtete Kulturen sind nicht nur ein *restloser* volkswirtschaftlicher Verlust, sondern mehrjährige Kulturen (Obst, Weingärten) erleiden Schäden, die sich oft 2—3 Jahre erstrecken oder zur vollständigen Vernichtung führen.

Folgende Fragen sind bei weiterer Hagelabwehr mit Raketen zu lösen:

1. Die Haftpflichtversicherung für eventuell entstehende Schäden durch Raketen bzw. Raketenbestandteile.
2. Die Unfallversicherung der Abschießer, soweit sie nicht Unfallversicherte der Landwirtschaft sind. In Italien ist im Raketenpreis die Unfallversicherung inbegriffen.
3. Eingliederung der Hagelabwehr in den Pflanzenschutzdienst, da Hagelbekämpfung im Grunde nichts anderes ist als Frost- oder Peronosporabekämpfung. In den Weinbaugebieten könnte der Rebschutzdienst dazu herangezogen werden. Der Schutz der landwirtschaftlichen Kulturen gehört schließlich zum Förderungsdienst.
4. Stärkere Einschaltung der meteorologischen Stationen, weil nur auf Grund genauer Kenntnisse der Gewitter eine restlos erfolgreiche Abwehr möglich ist.
5. Eventuelle Mitwirkung des Militärs in bezug der Abrichtung der Abschießer, Einlagerung der Raketen usw.
6. Mitwirkung der Versicherungsgesellschaften, weil sie bei erfolgreicher Abwehr doch bedeutend geringere Schadenssummen auszuzahlen haben.
7. Mitwirken der Länder.
8. Geschlossene Abwehr aller hagelgefährdeten Gebiete.

Versuche zur Hagelbekämpfung mit Silberjodid-Bodengeneratoren im Kanton Tessin (Schweiz) im Jahre 1957

VON DR. WALTER ZISLAVSKY,
Bundesanstalt für Pflanzenschutz, Wien

Alljährlich werden jetzt von der Schweizer *„Eidgenössischen Kommission zum Studium der Hagelbildung und Hagelabwehr"* ausführliche Berichte über die geplanten und durchgeführten Versuche zur Hagelbekämpfung veröffentlicht. Das reichhaltige Programm dieser Versuche bietet interessante Einzelheiten, die wir unseren Lesern nicht vorenthalten möchten.

So ist bemerkenswert, daß bei den Tessiner Versuchen nicht die vielenorts üblichen Hagelraketen zum Einsatz gelangten, sondern spezielle *Silberjodid-Bodengeneratoren. Ihre* Wirkung beruht auf folgendem physikalischen Sachverhalt: In den Gewitterwolken befinden sich zu einem mehr oder weniger großen Teil *unterkühlte Wassertröpfchen*, die durch einen Mangel an geeigneten Gefrierkernen nicht gefrieren können. Eiskeime, die durch die Luftströmungen in den Gewitterwolken solche unterkühlte Wolkenareale passieren müssen, werden durch Auffrieren des unterkühlten Wassers gleichsam ernährt, vergrößern sich also und fallen schließlich, wenn sie von den Aufwinden in der Wolke nicht mehr getragen werden können, als Hagelkorn zu Boden. Durch Zufuhr von Gefrierkernen werden dagegen die unterkühlten Wasserteilchen zum Gefrieren veranlaßt und nehmen somit den Eiskeimen die Möglichkeit einer gefährlichen Vergrößerung zu Hagelkörnern. Soweit die Voraussetzungen. Die Ausbringung geeigneter Gefrierkerne — es wird Silberjodid (AgJ) verwendet — geschieht in den Schweizer Versuchen vermittels sogenannter Bodengeneratoren.

Diese Generatoren bestehen im wesentlichen aus einem

leistungsfähigen Propangasbrenner (Verbrauch 1 kg Gas/Betriebsstunde), in dessen Mitte durch eine Düse AgJ in Form einer Lösung eingespritzt wird. Zusammensetzung der Betriebslösung: 320 g AgJ + 80 g NaJ auf 3200 g Azeton. Der Verbrauch je Impfminute betrug (exklusive Pausen) etwa 8,5 cm^3 Betriebslösung (= 0,6 g AgJ). Die Generatoren arbeiteten pulsierend: 5 Minuten Impfung, 10 Minuten Pause bei einer Betriebsdauer von 7 Uhr 30 bis 21 Uhr 30. Durch die herrschenden Horizontal- und Aufwinde wird der entstehende AgJ-Rauch verteilt und gelangt zum Teil auch in die Wolken. 1 g AgJ liefert größenordnungsmäßig etwa 10^{15} bis 10^{16} Gefrierkerne und würde bei entsprechender Verteilung genügen, um einen Raum von 10 bis 100 km^3 hinreichend zu impfen.

Im Tessin und dem daran angrenzenden italienischen Gebiet (vornehmlich SW in der Nähe des Lago maggiore) wurden 20 solcher Bodengeneratoren in den Großversuch einbezogen. Um eine einwandfreie statistische Auswertung zu ermöglichen, wurde jeden Abend auf Grund der Wetterlage von einem Meteorologen beurteilt ob am nächsten Tag Gewitter mit Hagelgefahr zu erwarten war. War dies der Fall, so galt der Tag als Versuchstag. Ein Zufallsexperiment bestimmte, ob an diesem Tag geimpft werden sollte (Impftag) oder nicht (Vergleichstag). Diese Versuchsanordnung war notwendig, da ja nie festzustellen ist, ob ein Nachlassen oder eine Verhinderung des Hagels sich nicht auch von selbst eingestellt hätte. Die Beobachtungen aus dem gesamten Versuchsnetz wurden auf 3291 Meldekarten der zentralen Auswertungsstelle übermittelt.

Von 42 auf Grund der Wetterlage festgesetzten Versuchstagen wurde an 20 Tagen geimpft, 22 Tage dienten zum Vergleich. An 15 von den 20 geimpften Versuchstagen kam es zu Gewittern und an 6 Tagen fiel Hagel. An 11 von den 22 nicht geimpften Versuchstagen kam es zu Gewittern, und auch hier trat an 6 Tagen Hagel auf. Bezieht man die Zahl der Tage mit Hagel auf die Gewittertage, dann trat an *40 Prozent der geimpften und an 55 Prozent der nichtgeimpften Gewittertage* Hagel auf. Der Unterschied (15 Prozent) liegt zwar in der erwarteten Richtung, ist aber verhältnismäßig klein und bietet keine Gewähr eine sichere Aussage zu machen. Dazu ist auch die Anzahl der geimpften Gewitter viel zu gering. So ist, um mit 95prozentiger Sicherheit eine Impfwirkung von 50 Prozent zu erfassen, eine Impfung von etwa 70 bis 80 Gewittern erforderlich. Erfahrungsgemäß werden dazu 4 bis 5 Jahre nötig sein.

Wenngleich derzeit über die Wirksamkeit der Bodengeneratoren zur Hagelbekämpfung noch kein endgültiges Urteil abzugeben ist, steht immerhin fest, daß an den Tagen mit Impfung (bezogen auf dieselbe Zeiteinheit) *etwa doppelt soviel Regen gefallen ist* (19,8 mm/Tag) als an nicht geimpften Versuchtagen (9,8 mm/Tag). Bereits in früheren Versuchen waren Silberionen im Regenwasser nachgewiesen worden. Das Silberjodid ist auch auf Grund zahlreicher amerikanischer Regenmacher-Versuche als ausgezeichneter Gefrierkern bekannt. Ob die Dynamik des Wettergeschehens ausreicht, um die AgJ-Teilchen in genügender Anzahl vom Boden bis in die unterkühlten Wolkenteile zu verfrachten, ist derzeit noch nicht genügend bekannt, und so müssen weitere Versuche zeigen, ob den Bodengeneratoren bei der Hagelabwehr ein Erfolg beschieden ist.

Fachkenntnis schützt vor Schäden!

Aus unserem reichhaltigen Sortiment empfehlen wir:

Beran F., Pflanzenschutz im Obstbau	S 21.—
Beran F., Kurze Anleitung zur Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel	S 18.—
Bollow H., Vorrats- und Gesundheitsschädlinge	S 66.60
Brandt H., Welcher Schädling ist das? Teil I: Schädlinge und Krankheiten an Gemüse und Obst, kart., 210 Seiten, 401 Abb., 8 Farbtafeln	S 66.60
Teil II: Landwirtschaftliche Kulturpflanzen, kart., 196 Seiten, 300 Abb., 8 Farbtafeln	S 66.60
Brandt-Laubmann, Vorrats- und Materialschädlinge	S 19.—
Eder F., Die Wühlmaus und ihre Bekämpfung	S 8.70
Fulmek-Löschnig, Krankheiten und Schädlinge im Obstbau	S 18.—
Holz-Lange, Fortschritte in der chemischen Schädlingsbekämpfung	S 24.50
Lindinger L., Die Schildläuse (Coccidae)	S 63.—
Maier-Bode, Der praktische Pflanzenarzt Band I und II zusammen	S 68.—
Schmidt W., Krankheiten und Schädlinge der Gemüsepflanzen	S 24.—

Scholle-Verlag

Wien I, Stubenring 6

DETAILGESCHÄFTE FÜR APPROBIERTE PFLANZENSCHUTZMITTEL

Samenhandlung Bruckner & Lilie
Wien I, Schottenring 17, Telephon 32 51 23

Samenhandlung Rob. u. Walter Ziegler
Wien XI, Simmeringer Hauptstraße 11, Telephon 72 15 95
Wien IV, Rechte Wienzeile 1, Telephon 43 71 55
Wien V, Reinprechtsdorfer Straße 6, Telephon 43 34 60

Samenzucht und Samenhandlung Erwin Haubensak
Wien II, Lassallestraße 36, Telephon 55 01 07

Erfurter Samenfachgeschäft Th. Wenisch
Wien VI, Mariahilfer Straße 1d, Telephon 34 33 20

Pflanzenschutzstelle Kwizda
Wien I, Dr.-Karl-Lueger-Ring 6, Tel. 63 46 01 bis 04
Wien VII, Kaiserstraße 36, Telephon 44 86 12
Wien IX, Lustkandlgasse 28, Telephon 32 17 23

Verlangen Sie unseren ausführlichen Prospekt über einschlägige Fachliteratur!

SCHOLLE-VERLAG WIEN I

Eigentümer und Verleger: Scholle-Verlag, Buchhandlungs-Ges. m. b. H., Wien I, Stubenring 6, Telephon 52 21 97. Herausgeber: Bundesanstalt für Pflanzenschutz, Wien II, Trunnerstraße 5. Chefredakteur und verantwortlicher Redakteur: Direktor Dipl.-Ing. Dr. Ferdinand Beran, Wien II, Trunnerstraße 5, Telephon 55 36 47. Druck: „Wiener Verlag", Wien XII, Niederhofstraße 37.